

# Dresdner Transferbrief

**3.10**

Herausgeber:

TU Dresden

Forschungsförderung/Transfer

TechnologieZentrumDresden GmbH

BTI Technologieagentur

Dresden GmbH

GWT-TUD GmbH

## Thema dieser Ausgabe: Moderne Werkstoffe – Kompetenzen und Impulse ...

Vom Atom zum  
komplexen Bauteil

> 3 | 4-5 | 10 | 18

Innovativ  
und intelligent

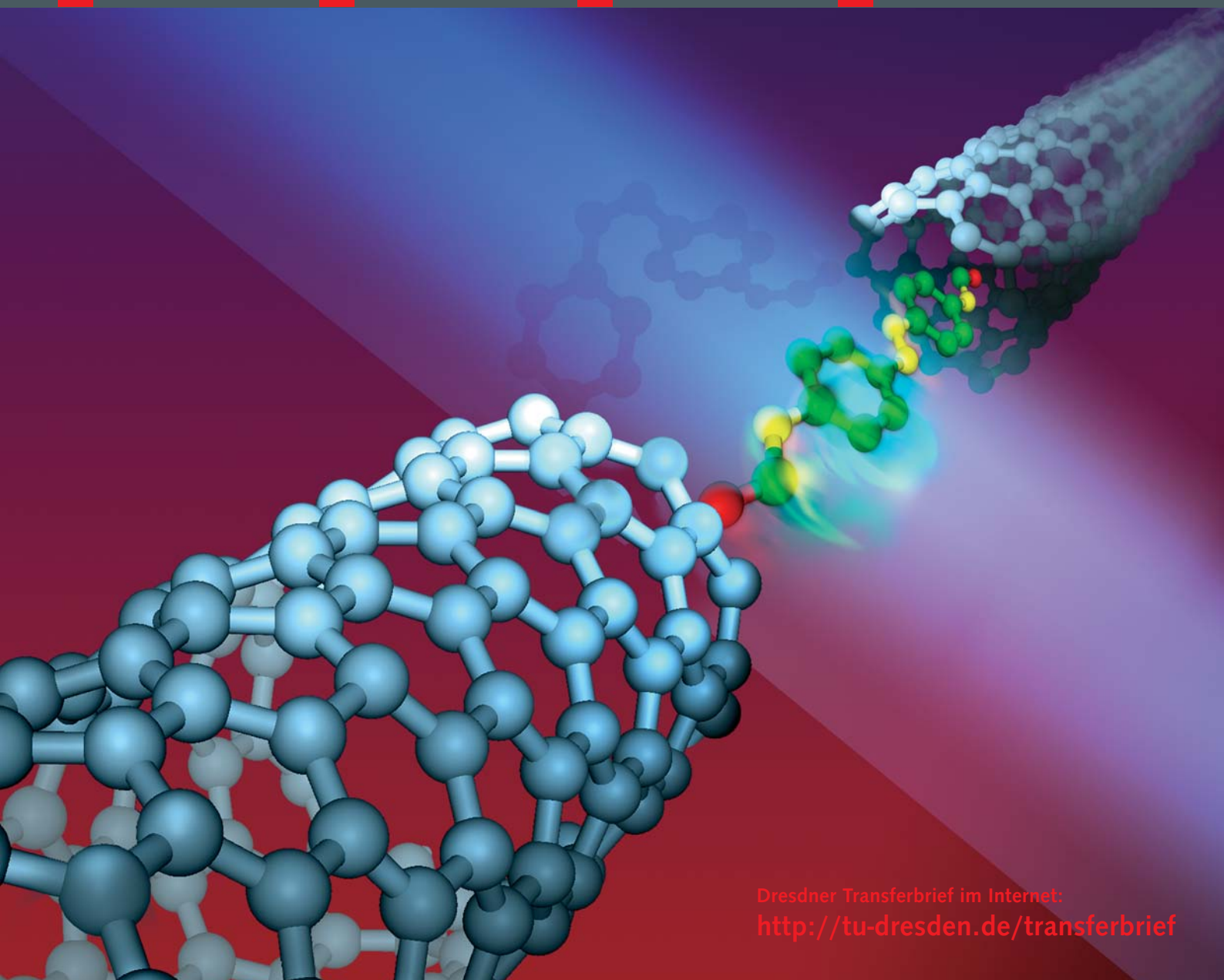
> 7 | 8 | 9 | 13 |  
15 | 16 | 17

Im Verbund  
zu mehr Qualität

> 6 | 11 | 12 |  
14

Effektiv: Neue  
Produkte und Verfahren

> 19 | 20-21 | 22 | 23



**Kontakt:**  
**Wirtschaftsförderung Sachsen GmbH**  
 Bertolt-Brecht-Allee 22  
 01309 Dresden  
 Tel.: +49-351-2138-0  
 Fax: +49-351-2138-399  
 E-Mail: [info@wfs.saxony.de](mailto:info@wfs.saxony.de)  
[www.wfs.sachsen.de](http://www.wfs.sachsen.de)



 Peter Nothnagel  
 (Foto: WFS/Michael Lange)



Editorial:

## Wachstumskerne unterstützen

### Impressum

Herausgeber:  
 TU Dresden Forschungsförderung/Transfer  
 TechnologieZentrumDresden GmbH  
 BTI Technologieagentur Dresden GmbH  
 GWT-TUD GmbH

Redaktion:  
 Eva Wricke (TU Dresden)  
 Peter Brandl  
 (TechnologieZentrumDresden GmbH)  
 Ute Kedzierski (BTI Technologieagentur  
 Dresden GmbH)  
 Beate-Victoria Ermisch (GWT-TUD GmbH)

Anschrift:  
 Dresdner Transferbrief  
 c/o TechnologieZentrumDresden GmbH  
 Gostritzer Straße 61-63, 01217 Dresden  
 Telefon: +49-351-8925-802  
 E-Mail: [brandl@tzdresden.de](mailto:brandl@tzdresden.de)  
<http://tu-dresden.de/transferbrief>

Entwurf:  
 Heimrich & Hannot GmbH  
 Buchenstraße 12, 01097 Dresden  
 Akquisition / Satz:  
 progressmedia  
 Verlag & Werbeagentur GmbH  
 Dr. Helga Uebel, Jörg Fehlich  
 Liebigstraße 7 / 01069 Dresden  
 Telefon: +49-351-476-67-26  
 E-Mail: [joerg.fehlich@top-magazin-dresden.de](mailto:joerg.fehlich@top-magazin-dresden.de)

Das Titelbild zeigt das Modell  
 eines elektrischen Schalters aus  
 einem Azobenzol-Molekül zwischen  
 zwei Kohlenstoffnanoröhrchen  
 (Bild: Franz Stadler, Regensburg).

Thema der nächsten Ausgabe:  
 „Energieeffizienz“

Die Wirtschaftsförderung Sachsen GmbH (WFS) ist fester Akteur in der Wirtschaftspolitik des Freistaates und trägt nachhaltig zur positiven Entwicklung der sächsischen Wirtschaft bei. Die Ansiedlung von innovativen wettbewerbsfähigen Unternehmen in Sachsen und die damit verbundene Erhaltung bzw. Schaffung von Arbeitsplätzen, die Stärkung der ansässigen Unternehmen durch Absatzförderung und Kooperationsvermittlung und ein wirksames Standortmarketing stellen unsere Hauptaufgabenfelder dar.

Seit 1990 haben 6.000 Unternehmen in Sachsen eine Betriebsstätte errichtet und 27 Mrd. Euro investiert.

In den sächsischen Schlüsselindustrien, wie bspw. Automobil- und Maschinenbau, Mikroelektronik und Energietechnik, sind – auch mit Unterstützung der WFS – in den letzten Jahren Wachstumskerne entstanden, die nicht zuletzt durch Innovation ihre Konkurrenzfähigkeit am Markt ständig neu unter Beweis zu stellen haben. Neue technologische Herausforderungen in der Mobilitäts-, Energie- und Umwelttechnik stellen höchste Ansprüche an die verwendeten Materialien.

Mit fast 40 Professuren aus 22 Instituten der TU Dresden, der HTW Dresden und der TU Bergakademie Freiberg und – über ihre Professuren an der TU Dresden – vier Instituten der Fraunhofer-Gesellschaft, drei der Leibniz-Gemeinschaft und einem der Max-Planck-Gesellschaft ist das European Centre for Emerging Materials and Processes (ECEMP) eine herausragende Plattform für interdisziplinäre Materialforschung.

Diese Kraft gilt es in den Worten der Automobilindustrie „auf die Straße“, also in die Anwendung und an den Markt, zu bringen. Dann werden Wis-

senschaft und Forschung zum letztlich wirtschaftlichen Standortfaktor. Erfolgreiche Wirtschaftsförderung bedingt also auch erfolgreiche Forschung und erfolgreichen Wissens- und Technologietransfer aus der Materialforschung in die Industrie.

Sachsen ist institutionell dazu hervorragend aufgestellt. Die TU Dresden und ihre Forschungspartner haben eine klare Transferorientierung. Technologietransfer wird durch Organisationen wie die GWT-TUD GmbH und Technologiezentrum Dresden klar unternehmerisch betrieben. Beide Organisationen arbeiten mit Existenzgründerinitiativen der Hochschulen und Forschungseinrichtungen sowie Verbundinitiativen systematisch zusammen. Hier bringt sich die Wirtschaftsförderung Sachsen als international agierendes Unternehmen des Freistaates intensiv ein. Wenn wir heute weltweit für den Freistaat Sachsen werben, tun wir dies auch besonders mit unserer hervorragenden Forschungs- und Technologiekompetenz. Diese stellt gemeinsam mit den hochqualifizierten Fachkräften in den Unternehmen, unserer sehr guten Infrastruktur und der Förderpolitik des Freistaates im Forschungs-, Technologie- und Investitionsbereich eines unserer Hauptargumente im internationalen Standortwettbewerb dar. Unsere Spezialisten arbeiten daran, dass es so bleibt. Und nicht nur das: Wir kämpfen bundes- und europaweit um Exzellenz! ■

Peter Nothnagel  
 Geschäftsführer

Auch in der Automobil- und Luftfahrtindustrie sowie im Turbinenbau kann man von den Vorteilen von Leichtbau-Legierungen auf Basis von Titan und Aluminium profitieren und beispielsweise Gewicht einsparen. Turbolader-Rotoren, Turbinenschaufeln und andere Bauteile müssen dabei hohen Temperaturen standhalten – für Leichtbau-Legierungen bisher ein Problem. Dies lässt sich nun auch für solche komplex geformten Bauteile mit einem Verfahren, das am Ionenstrahlzentrum des Forschungszentrums Dresden-Rossendorf (FZD) entwickelt wurde, überwinden. Es eröffnet ein neues Anwendungsfeld für Leichtbau-Legierungen auch im Hochtemperaturbereich.

**Kontakt:**  
Forschungszentrum Dresden-Rossendorf  
Institut für Ionenstrahlphysik  
und Materialforschung  
Bautzner Landstraße 400  
01328 Dresden  
Prof. Dr. Andreas Kolitsch  
Tel.: +49-351-260-3348  
Fax: +49-351-260-13348  
E-Mail: a.kolitsch@fzd.de  
www.fzd.de

## Werkzeug Ionenstrahl Leichtbau-Legierungen halten auch hohen Temperaturen stand



In Zukunft könnten Leichtbau-Legierungen auch beim Flugzeug-Turbinenbau eine große Rolle spielen. (Foto: Herbert Käfer / pixelio.de)

Neue Konzepte für Antriebe in der Luftfahrt- und Automobilindustrie sind vor allem darauf ausgerichtet, den Kraftstoffverbrauch zu reduzieren. Die Verwendung leichterer Materialien hilft dabei, dieses Ziel zu erreichen. Leichtere Turbinen, Turbolader und andere Bauteile haben außerdem den Vorteil, hohe Rotationsgeschwindigkeiten effizienter zu erzielen.

Metallische Legierungen aus Titan und Aluminium (TiAl-Legierungen) haben ein spezifisches Gewicht von rund  $4 \text{ g/cm}^3$ , sind also nur etwa halb so schwer wie die heute normalerweise verwendeten Hochtemperatur-Materialien, die meist aus auf Eisen oder Nickel basierten Legierungen bestehen. Obwohl Titanaluminide deutlich leichter sind, haben sie die gleiche Festigkeit wie herkömmliche Materialien.

Bisher war die Anwendung von solchen Leichtbau-Legierungen durch ihre schlechte Langzeit-Oxidationsbeständigkeit bei Temperaturen oberhalb von  $800^\circ\text{C}$  eingeschränkt. Wie am Institut für Ionenstrahlphysik und Materialforschung des FZD gezeigt werden konnte, lässt sich dieses Problem durch

geringe Mengen von Halogenen, wie Fluor, in der Oberfläche der Bauteile überwinden. Dazu wird die Oberfläche mit Fluor-Ionen beschossen bzw. dotiert. Für komplex geformte Oberflächen, wie Turbolader-Rotoren oder Turbinenschaufeln, wird dabei ein spezielles Verfahren, die Plasma-Immersionen-Ionen-implantation eingesetzt.

Besonders Fluor, so wurde festgestellt, eignet sich sehr gut, um die Temperaturbeständigkeit von TiAl-Bauteilen zu verbessern. Bisher konnte die Stabilität dieses Effektes über einen Zeitraum von einem Jahr und bei Temperaturen von  $900^\circ\text{C}$  unter zyklischen Wärmebedingungen nachgewiesen werden. Alle Tests wurden isothermisch und thermozyklisch im Temperaturbereich zwischen  $700$  bis  $1050^\circ\text{C}$  an unbehandelten Oberflächen, an TiAl-Proben, die mit Fluor behandelt wurden, sowie an realen Bauteilen durchgeführt. Ohne die Dotierung mit Fluor wurden die Proben bei der Hochtemperatur-Behandlung stark zerstört, während die mit Fluor veränderten Proben noch voll intakt waren. Untersuchungen zeigten, dass sich bei den mit Fluor dotierten Bauteilen nach der Hochtemperatur-Oxidation eine dünne Schutzschicht aus Aluminiumoxid gebildet hatte – ein Beweis für die Wirkung des Fluors. Alle unbehandelten Proben wurden hingegen durch die Bildung von TiAl-Mischoxiden zerstört.



Oxidation von Turbolader-Rotoren bei  $1050^\circ\text{C}$  bei unbehandelten (oben) und mit Fluor-Ionen dotierten Materialien (unten).

(Fotos: FZD / DECHEMA)



**Kontakt:**  
ECEMP  
Dr. Silke Ottow  
Marschnerstraße 39  
01307 Dresden  
Tel.: +49 351 463 38447  
Fax: +49 351 463 38449  
E-Mail: [ecemp@tu-dresden.de](mailto:ecemp@tu-dresden.de)  
<http://ecemp.tu-dresden.de>

**Sprecher:**  
Prof. Werner Hufenbach  
Institut für Leichtbau  
und Kunststofftechnik  
der TU Dresden



Leichte Fahrzeuge, verschleißfeste Maschinen und eine effiziente Energiespeicherung sind wesentlich für die Erhaltung von Wohlstand und Arbeitsplätzen in der Zukunft. Denn ein verantwortungsbewusster Umgang mit Ressourcen wird immer wichtiger: Leichtere Fahrzeuge verbrauchen weniger Sprit, verschleißfeste Maschinen laufen reibungsarm und energiesparend und eine nachhaltige Energiespeicherung ist essentiell für die Nutzung von erneuerbaren Energien und den Betrieb von Elektrofahrzeugen.



ECEMP – European Centre for Emerging Materials and Processes Dresden

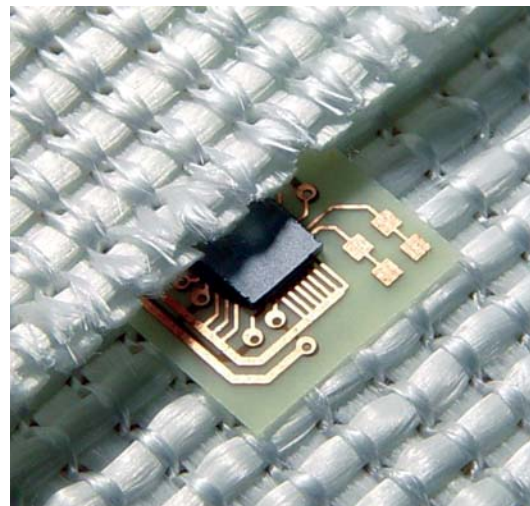
## Umwelttechnik, Energietechnik und Leichtbau – die Zukunftsfelder des ECEMP


Das „ECEMP – European Centre for Emerging Materials and Processes Dresden“ ist als Exzellenzcluster der TU Dresden aus der Sächsischen Exzellenzinitiative hervorgegangen. Die Wissenschaftler im ECEMP entwickeln in 14 Teilprojekten Mehrkomponentenwerkstoffe für die drei Zukunftsfelder Energietechnik, Umwelttechnik und Leichtbau. Dabei bündeln sie die Kompetenzen in allen Materialklassen (Metalle, Kunststoffe, Naturstoffe und Keramiken) und der gesamten Wertschöpfungskette (Materialdesign (CMS), Simulation, Entwicklung, Herstellung, Verarbeitung und Anwendung von Bauteilen). Am ECEMP sind 37 Professuren aus 22 Instituten der TU Dresden, der HTW Dresden und der TU Bergakademie Freiberg beteiligt. Diese breit gefächerte interdisziplinäre Verknüpfung von Natur- und Ingenieurwissenschaften macht im ECEMP den Aus- und Aufbau der gesamten Forschungskette von der Grundlagenforschung über die angewandte Forschung bis hin zur Anwendung möglich.

In der Energie- und Umwelttechnik sind die Arbeiten im ECEMP auf neue Technologien zur effizienten Energiegewinnung, -umwandlung und -speicherung fokussiert. So entwickeln Forscher des Teilprojektes TeCer thermoelektrische Keramiken, mit deren Hilfe die Abwärme aus Kraftwerken ohne erneute CO<sub>2</sub>-Freisetzung in Elektroenergie umgewandelt werden kann. Darüber hinaus erforschen sie die Möglichkeit, aufwendig zu gewinnende, umweltschädigende chemische Elemente durch umweltfreundliche, kostengünstige Rohstoffe zu ersetzen. Forscher im Teilprojekt MobilStor entwickeln neue Materialien zur Speicherung von Wasserstoff für Brennstoffzellen, die bei guter Kinetik bereits bei niedrigen Temperaturen reversibel arbeiten. Zudem arbeiten sie an neuen Materialien für Lithiumionenbatterien mit hoher Speicherdichte und an neuen Technologien zur Nutzung der Bremsenergie, die in Fahrzeugen frei wird. Die Entwicklung nanostrukturierter Elektrodenober-

flächen aus hochporösen Kohlenstoffmaterialien ist das Ziel im Teilprojekt EnerCoat.

Um die Verbesserung des Wirkungsgrades in Kraftwerken und ressourcenschonende Herstellungsprozesse von Bauteilen geht es den Wissenschaftlern im Teilprojekt ProbaCast. Sie wollen durch verschiedene Simulationsverfahren ein grundlegendes Verständnis für die bei der Herstellung von Hochleistungsturbinenschaufeln ablaufenden Gießerei- und Abkühlprozesse erlangen. Die Herstellungsdauer der hochkomplexen Bauteile kann bis zu einem halben Jahr dauern und soll durch eine kluge Prozessführung um die Hälfte verkürzt werden. Dadurch ist schon bei der Herstellung eine deutliche Energieersparnis möglich. Im Idealfall können zusätzlich durch verbesserte Materialeigenschaften die Betriebstemperaturen und -drücke im Kraftwerksprozess nochmals erhöht und somit ein besserer Wirkungsgrad der Kraftwerke erzielt werden.



 **Intelligente Materialien:** Die Bauteile im ECEMP-Teilprojekt SmaComp enthalten Sensor- und Aktorelemente. So können sie sich selbst regulieren und diagnostizieren.

(Quelle: IHM, TU Dresden, SFB639, Foto: Liebert, MZ, TUD)

## Die 14 ECEMP-Teilprojekte und ihre Zuordnung:

- **HSMetComp:** Struktur und Eigenschaften von ultrafeinkörnigen bis amorphen Werkstoffen (A1)
- **MolFunc:** Innovatives molekulares Design für multifunktionelle Mehrkomponentenwerkstoffe (A2)
- **MobilStor:** Materialsysteme für eine nachhaltige Energietechnik: Wasserstoffspeicherung in Festkörpern sowie Lithiumionenbatterien (B1)
- **CelTexComp:** Textilbasierte multifunktionale Polymer-Metall- bzw. Metall-Metall-Verbundmaterialien und Halbzeuge für Leichtbauanwendungen (B2)
- **TECer:** Keramische Mehrkomponentenwerkstoffe für kostengünstige thermoelektrische Systeme zur Erhöhung des energetischen Wirkungsgrads und gleichzeitigen Verbesserung der Prozessüberwachung in Maschinen und Anlagen (B3)
- **SwitchComp:** Neuartige Mehrkomponentenwerkstoffe mit magnetorheologisch schaltbaren Steifigkeiten (B4)
- **NanoWearResist:** Neue Fertigungsverfahren durch Nanopartikel und Nanoschichten (C1)
- **BioComp:** Erweiterung des Anwendungspotenzials biologischer Materialverbunde und technologische Übertragung in Verbundwerkstoffe (C2)
- **CeraDuct:** Formgebung und Fügen multifunktionaler duktiler Keramik-Metall-Werkstoffverbunde mit definierten Nano/Makro-Strukturmerkmalen für die Energie- und Umwelttechnik (C3)
- **NanoCarbCoat:** Nanoskalige Funktionsschichten auf Kohlenstoffbasis (D1)
- **EnerCoat:** Nanostrukturierte Elektrodenoberflächen für die Energietechnik (D2)
- **PorbaCast:** Neuartige effiziente Methoden zur Entwicklung von Herstellprozessen für Hochleistungsturbinenschaufeln der Energie- und Antriebstechnik (E1)
- **SmaComp:** Selbstdiagnostizierende und selbstregulierende multifunktionale Mehrkomponentenwerkstoffe für Leichtbaustrukturen (E2)
- **CerHeatEx:** Neuartige vollkeramische Hochtemperaturwärmeübertrager für verschiedene Atmosphären (E3)

Im Leichtbau steht die Entwicklung multifunktionaler Mehrkomponentenwerkstoffe im Mittelpunkt. Dabei kommt der Funktionalisierung und Erforschung natürlich gewachsener und textiltechnisch hergestellter Verstärkungsstrukturen eine besondere Bedeutung zu.

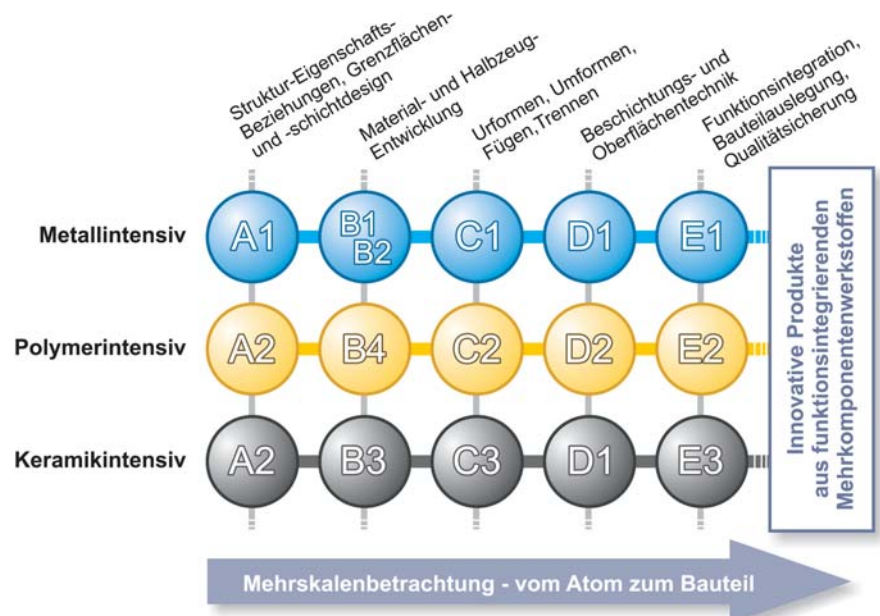
So lernen die Wissenschaftler im Teilprojekt BioComp von der Natur. Sie erforschen die Anwendungsmöglichkeiten regional verfügbarer Pflanzen und deren Übertragung in bionisch optimierte funktionalisierte Mehrkomponentenwerkstoffe. Ressourcenschonende, nachwachsende Leichtbaustrukturen sollen das Ergebnis sein. Im Teilprojekt CelTexComp steht die Kombination von Metallkomponenten mit textilen nichtmetallischen und metallischen Verstärkungsstrukturen im Mittelpunkt. Dazu entwickeln die Wissenschaftler dreidimensionale gewebte Drahtstrukturen mit definierten mechanischen Eigenschaften, wie zum Beispiel definierten Steifigkeiten, Festigkeiten oder einem besonderen Energieabsorptionsvermögen. Diese Strukturen können sowohl als Sandwichkern in Crashelementen als auch als Verstärkungsstruktur in einer metallischen Matrix Verwendung finden. Die Forscher im Teilprojekt HSMetComp gehen ins Detail. Sie nutzen den Umstand, dass eine feinere Körnung auch eine höhere Festigkeit von Materialien zur Folge hat. Durch wiederholtes plastisches Verformen von Blechen, Bändern und Drähten stellen sie ultrafeinkörnige Leichtmetallgefüge mit einer besonders hohen Festigkeit bei gleichzeitiger guter Duktilität und Zähigkeit her.

Durch die enge Verzahnung von Grundlagenforschung, Materialentwicklung und Anwendung, bieten die Teilprojekte des ECEMP eine werkstoffübergreifende Entwicklung „Vom Atom zum komplexen Bauteil“. Daraus ergeben sich fünf Projektbereiche: Die Teilprojekte des Bereiches A entwickeln Methoden zur Werkstoff- und Grenzflächenmodellierung

auf der Nano- und Mikroebene. Die Erkenntnisse, die sie dabei gewinnen, werden in den anderen Projektbereichen zur Werkstoffsynthese beziehungsweise zur Verbundgestaltung genutzt. Der Teilprojektbereich B dient der Material- und Halbzeugentwicklung. Die hier zu entwickelnden Werkstoffe orientieren sich hinsichtlich der einzustellenden Eigenschaften an den Anforderungen aus den Projektbereichen C, D und E. Funktionelle Eigenschaften, die nicht unmittelbar bei der Werkstoffsynthese in das Bauteil integrierbar sind, sollen durch innovative Herstellungsprozesse im Projektbereich C (Urformen, Umformen, Fügen und Trennen) beziehungsweise durch funktionsgerechte Beschichtungen im Bereich D, realisiert werden. Die werkstoffwissenschaftlichen Kenntnisse werden schließlich im Projektbereich E – hier geht es um Funktionsintegration, Bauteilauslegung sowie Qualitätssicherung – zusammengeführt und am Beispiel von Demonstratoren umgesetzt. ■



Eine durchgehende Entwicklung vom Atom zum komplexen Bauteil: Die ECEMP-Projekte decken die gesamte Skala ab – von der Nano- und Mikroebene im Projektbereich A, bis hin zur Halbzeugentwicklung im Bereich E. (Quelle: ILK, TU Dresden)



**Kontakt:**  
Technische Universität Dresden  
Fakultät Maschinenwesen  
Institut für Werkstoffwissenschaft  
01062 Dresden  
Prof. Dr.-Ing. Bernd Kieback  
Tel.: +49-351-463-33332  
Fax: +49-351-463-33207  
E-Mail: bernd.kieback@tu-dresden.de  
[http://tu-dresden.de/die\\_tu\\_dresden/fakultaeten/fakultaet\\_maschinenwesen/ifww](http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_maschinenwesen/ifww)

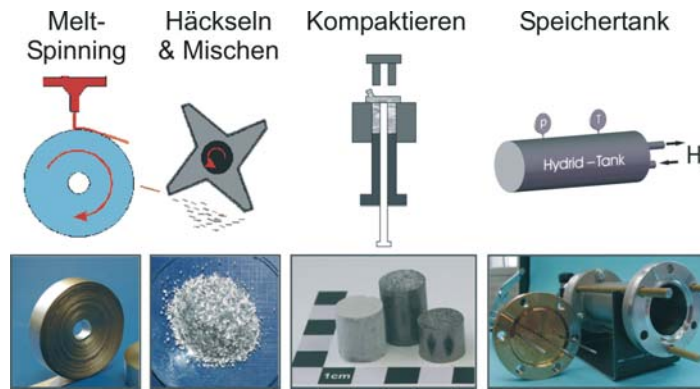


Abb. 1: Pulvermetallurgische Prozesskette zur Erzeugung von Hydrid-Graphit-Presslingen.

## Nanomaterialien für die effiziente und sichere Energiespeicherung Hydrid-Kohlenstoff-Verbundwerkstoffe für die Wasserstoffspeicherung

**ifWW**  
Institut für Werkstoffwissenschaft  
materials science

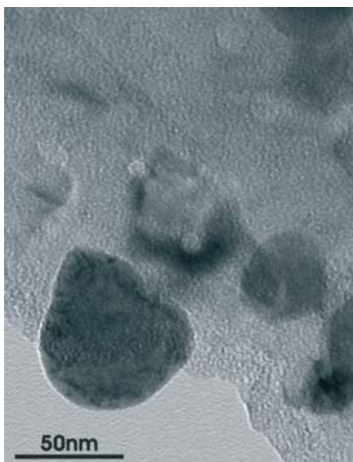


Abb. 2: Elektronenmikroskopische Aufnahme einer rascherstarrten und hydrierten Mg-Ni-Y-Legierung, die sich durch ein zyklenstabilisiertes, nanokristallines Gefüge auszeichnet.

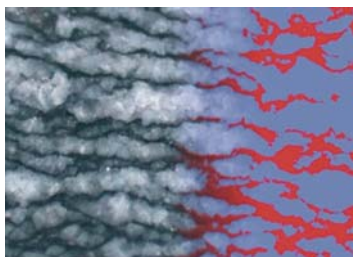


Abb. 3: Mikroskopische Aufnahme eines MgH<sub>2</sub>-Graphit-Presslings mit maßgeschneiderten, anisotropen Wärmeleiteigenschaften (rechts: Falschfarbendarstellung: MgH<sub>2</sub> (blau) und Graphit (rot)). (Fotos: Fraunhofer IFAM)

In der Professur Pulvermetallurgie, Sinter- und Verbundwerkstoffe werden Grundlagen- und anwendungsorientierte Forschungen zu Herstellungsprozessen und Werkstoffproblemen der Pulvermetallurgie durchgeführt. Die Einstellung spezieller, für die Anwendung „maßgeschneiderter“ Eigenschaften steht dabei oft im Mittelpunkt.

Die sichere und effiziente Speicherung von Wasserstoff spielt eine bedeutende Rolle im Hinblick auf seine Verwendung als CO<sub>2</sub>-freier Sekundärenergieträger. Feststoffspeichermaterialien wie Metallhydride, die Wasserstoff reversibel aufnehmen und wieder abgeben können, sind für mobile, aber auch für kleinstationäre Anwendungen in Verbindung mit Brennstoffzellen oder Wasserstoffverbrennungsmotoren geeignet. Sie bieten gegenüber den konventionellen Speichertechnologien Vorteile hinsichtlich System-sicherheit, Energiebilanz sowie Speicherdichte. Im Vergleich zu modernen Lithium-Ionen-Akkumulatoren mit einer typischen Energiespeicherdichte von 350 Wh pro Liter können in Metallhydriden bis zu 5000 Wh pro Liter gespeichert werden.

Am Institut für Werkstoffwissenschaft werden in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut IFAM-Dresden sowohl materialwissenschaftliche Grundlagenforschung zu geeigneten Speichermaterialien als auch Untersuchungen zu industriellen Verarbeitungstechnologien durchgeführt. Im Fokus stehen Leichtmetall- und Komplexhydride sowie spezielle Verbundwerkstoffe aus Hydriden und Graphit.

Bei metallischen Wasserstoffspeichermaterialien ist es besonders wichtig, einen möglichst feinkristallinen Werkstoffzustand einzustellen, um die Geschwindigkeit der Hydrierungs- und Dehydrierungsreaktionen zu erhöhen. Hierfür eignet sich das sogenannte Melt-Spinning-Verfahren (Abb. 1), bei dem eine metallische Schmelze mit Abkühlraten von bis zu

10<sup>6</sup> Kelvin pro Sekunde abgeschreckt wird, wobei ein nanokristallines Gefüge entsteht. Solche rascherstarrten Metalllegierungen können innerhalb weniger Minuten vollständig mit Wasserstoff be- und entladen werden. Die Langzeitstabilität über mehrere hundert bis einige tausend Beladungszyklen kann durch nanodisperse Phasen erreicht werden, wie in Abb. 2 am Beispiel einer Magnesiumlegierung dargestellt ist.

Ein weiterer wichtiger Aspekt von Wasserstoffspeichermaterialien ist der Transport der während der Be- und Entladereaktionen auftretenden Reaktionswärmen. Die Mehrzahl der Hydride hat einen Wärmeleitkoeffizienten kleiner 1 W/(mK), so dass der Transport der Reaktionswärme über Distanzen mehrerer Zentimeter im Hydridbett in einem realen Speichertanksystem nur verzögert erfolgen kann. Um maßgeschneiderte Wärmeleiteigenschaften zu erreichen, ist ein Materialverbund zwischen dem schlecht wärmeleitfähigen Hydrid und einem guten Wärmeleiter wie Graphit geeignet (Abb. 3), wodurch der Wärmeleitkoeffizient bis 50 W/(mK) gesteigert werden kann. Die Herstellung eines solchen Hydrid-Graphit-Verbundmaterials ist durch industrielle Mischungs- und Presstechniken einfach und kostengünstig möglich (Abb. 1). Die entstehenden Presslinge werden in Rohre eingeführt, die einzeln oder als Bündel ein skalierbares Speichertanksystem ergeben, das an Brennstoffzellen oder Verbrennungsmotoren gekoppelt werden kann.

Die Arbeiten wurden durch die Boysen-Stiftung und im Rahmen des Spitzentechnologieclusters ECMP gefördert.



Energieeffizienz und Ressourcenschonung sind zwei Schlagworte, die die zentralen treibenden Kräfte für moderne Werkstoffentwicklung beschreiben. Werkstoffe leisten einen entscheidenden Beitrag zur effizienten Nutzung von Energie und damit auch zur Schonung von Ressourcen, sei es, weil sie besonders leicht und dennoch hoch belastbar sind, oder weil sie durch extreme Einsatztemperaturen hohe thermische Wirkungsgrade, z. B. in Verbrennungskraftmaschinen oder Gasturbinen, erzielen lassen. Technischer Fortschritt hängt heute mehr denn je von der Verfügbarkeit geeigneter Werkstoffe, oder genauer Werkstoffsysteme, ab, deren Entwicklung als Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts bezeichnet werden müssen. Komplexe Bauteilbeanspruchungen erfordern häufig Werkstoffsysteme, bei denen der verwendete Strukturwerkstoff und seine Oberfläche einer gezielten Aufgabenteilung unterliegen.

**Kontakt:**

Technische Universität Dresden  
Fakultät Maschinenwesen  
Institut für Werkstoffwissenschaft  
Professur für Werkstofftechnik  
Helmholtzstraße 7, 01069 Dresden  
Prof. Dr.-Ing. Christoph Leyens  
Tel.: +49-351-46342480  
Fax: +49-351-46342482  
E-Mail: christoph.leyens@tu-dresden.de  
<http://wt.mw.tu-dresden.de>

Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS Dresden  
Abteilung Thermische Beschichtungsverfahren  
Winterbergstraße 28, 01277 Dresden  
Prof. Dr.-Ing. Christoph Leyens  
Tel.: +49-351-833913242  
Fax: +49-351-833913478  
E-Mail: christoph.leyens@iws.fraunhofer.de  
[www.iws.fraunhofer.de](http://www.iws.fraunhofer.de)

## Grundlagenforschung mit starkem Anwendungsbezug: **Selbstreinigende Oberflächen mit geringem Strömungswiderstand für hohe Temperaturen**

Technische Lösungen aus der Natur zu übertragen ist nicht neu. Bereits das Universalgenie Leonardo da Vinci orientierte sich bei der Entwicklung von Fluggeräten an Vögeln, deren Flug er intensiv studierte. Dünne Folien mit einer haifischhautähnlichen Rillenstruktur auf Flugzeugrümpfe und -tragflächen aufgeklebt, können heute dazu beitragen, erhebliche Mengen an Kerosin einzusparen. Und Waschbecken, deren Oberflächen mit Lotuseffekt ausgestattet sind, verschmutzen nicht mehr. Was bei normalen Umgebungstemperaturen heute schon Realität ist, stellt für den Einsatz bei hohen Temperaturen noch eine erhebliche wissenschaftliche und technische Herausforderung dar. Wissenschaftler der Professur für Werkstofftechnik der TU Dresden entwickeln im Rahmen des von Ihnen koordinierten Schwerpunktprogramms „Adaptive Oberflächen für Hochtemperaturanwendungen – Das Haut-Konzept“ mit finanzieller Unterstützung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) Oberflächen, die auch unter den widrigen Einsatzbedingungen einer Gasturbine oder eines Flugtriebwerks die Fähigkeit zur Selbstreinigung besitzen und den Strömungswiderstand reduzieren helfen. Im Vergleich zu den heute bekannten Anwendungen liegt die Schwierigkeit bei hohen Temperaturen darin, dass sich die Oberflächen durch Reaktion mit der Umgebung verändern können, die Strukturen also normalerweise nicht stabil sind, was aber zwingende Voraussetzung für deren Einsatz ist. Genau hier setzt die Idee der Forscher an. Durch Nutzung der hohen Betriebstemperaturen des Bauteils sollen beschädigte Strukturen immer wieder regeneriert und die gezielte Strukturierung der Oberfläche über lange Zeiten hinweg beibehalten werden können.

Besonders von der Selbstreinigungswirkung von Oberflächen versprechen sich die Forscher erhebliche Vorteile für die Anwendung in der Luftfahrt oder Kraftwerkstechnik. Durch Aerosole, Staub,

Sand, oder – wie jüngst als Problem deutlich sichtbar – Vulkanasche bauen sich auf den heißen Turbinenschaufeln Beläge auf, die durch ihr zusätzliches Gewicht und ihre chemische Aggressivität zu erheblichen Schäden der teuren Gasturbinenkomponenten führen können. Erste Erfolge bei der Entwicklung von verschmutzungsarmen Oberflächen konnten die Dresdner Forscher jüngst gemeinsam mit ihren Kollegen von der BTU Cottbus präsentieren. Dünne Schichten aus Titan und Aluminium entwickeln nach einer gezielten Hochtemperaturaktivierung Oberflächenstrukturen, wie sie für einen Lotuseffekt auch bei hohen Temperaturen günstig sind (Abb. 1). Im nächsten Schritt sollen die Erkenntnisse nun auf das thermisch stabilere System Ni/Cr übertragen werden.

Die grundlagenorientierte Forschung an der Universität ist eng mit den applikationsgetriebenen Arbeiten am Fraunhofer-Institut IWS gekoppelt. Hier wird das Suspensionsspritzen entwickelt, das u. a. eine wirtschaftliche Herstellung von dünnen und dicken Schichten erlaubt, die bei hohen Temperaturen den Lotuseffekt zeigen (Abb. 2). Feine Rippenstrukturen, wie sie für die Strömungsoptimierung durch haifischhautähnliche Oberflächen Voraussetzung sind, lassen sich vorteilhaft durch die Anwendung eines Lasers erzeugen. Besondere Präzision ist gefragt, wenn die sogenannten Riblets auf geometrisch komplexen Oberflächen von Turbinenschaufeln hergestellt werden sollen. Für die hochpräzise 3D-Generierung mit hoher Produktivität werden die patentierten Laserdüsen ständig weiter entwickelt (Abb. 3).



Abb. 1: Ti/Al-Schicht mit Lotuseffekt nach Hochtemperaturaktivierung (Quelle: BTU Cottbus)



Abb. 2: Suspensionsspritzen von Keramikschichten (Quelle: Fh-IWS Dresden)



Abb. 3: Hochproduktives Auftragschweißen (Quelle: Fh-IWS Dresden)

**Kontakt:**  
Technische Universität Dresden  
Fakultät Maschinenwesen  
Institut für Werkstoffwissenschaft  
Professur für Biomaterialien  
Prof. Hans-Peter Wiesmann  
Tel.: +49-351-463-39400  
Fax: +49-351-463-39401  
E-Mail: [hans-peter.wiesmann@tu-dresden.de](mailto:hans-peter.wiesmann@tu-dresden.de)  
[www.tu-dresden.de/ifww](http://www.tu-dresden.de/ifww)

Innovationen der Oberfläche charakterisieren häufig biomedizinische und technische Fortschritte. Die notwendige Vielfalt an unterschiedlichen Funktionen der Oberflächen ist groß. Moderne Beschichtungs- und Strukturierungsverfahren in Kombination mit aufwändigen analytischen Untersuchungen leisten hierfür einen Beitrag. Die Arbeitsgruppen in der Professur Biomaterialien (Institut für Werkstoffwissenschaft/Max-Bergmann-Zentrum für Biomaterialien) haben eine Reihe von biomimetischen, bioaktiven, bioinspirierten oder biofunktionalisierten Oberflächen entwickelt. Eine davon ist geeignet, vor allem Metalloberflächen dauerhaft vor Vereisung zu schützen.



## Neuartige biomimetische und biofunktionalisierte Oberflächen Eisabweisende und gefrierpunktsenkende Beschichtung auf Metalloberflächen



Das Vereisen von technischen Geräten und Anlagen verursacht eine Reihe von Problemen im täglichen Gebrauch. Bei Betreibern von Anlagen im Außenbereich besteht die verstärkte Nachfrage nach antiadhäsiven Beschichtungen. Das Vereisen von Starkstromleitungen, Telekommunikationseinrichtungen oder Windkraftanlagen kann ein großes wirtschaftliches Problem darstellen. Das notwendige Enteisen ist in jedem Fall aufwändig und verursacht zusätzliche Kosten. Sogenannte Eis nukleierende Bakterien haben eine raffinierte Strategie entwickelt, bei Temperaturen unter Null zu überleben, indem sie das spontane Auskristallisieren wässriger Flüssigkeiten gezielt steuern.

deutliche Gefrierpunktsenkung zur Folge hat (Abb. 1; Patentanmeldung erfolgt).

Die Eigenschaften werden durch aufeinander folgende technologische Schritte eingestellt. In einem ersten Schritt wird auf der Grundlage der Sol-Gel-Technologie ein Beschichtungssystem aus Metall-Alkoxidverbindungen und hydrophobierenden Precursoren erstellt; die Sol-Gel-Schicht wird im Tauchverfahren aufgebracht. In einem anschließenden Tempervorgang werden gezielte Kristallisationsvorgänge angeregt, die für die Funktionalität der Beschichtung unabdingbar sind. Anschließend werden die Schichten bereichsweise elektrochemisch funktionalisiert.



Abb. 1: Gefrierverhalten auf einem beschichteten (links) und einem unbeschichteten Bereich (rechts) eines Aluminiumbleches im Vergleich (Quelle: TUD ifWW)

An der Professur für Biomaterialien im Institut für Werkstoffwissenschaft der TU Dresden beschäftigt man sich mit der biomimetischen Adaption solcher Mechanismen. In Zusammenarbeit mit der GMBU Dresden wurde ein dauerhaftes Beschichtungssystem entwickelt, mit dem es gelingt, Bauteile langfristig bei Temperaturen unterhalb eines Phasenübergangs flüssig – fest zu betreiben und eine flächige Vereisung zu vermeiden. Die Wirksamkeit der Beschichtung resultiert aus der Interaktion mehrerer Effekte. In der Grundschicht verankerte funktionelle Gruppen wirken gefrierverzögernd, da sie eine Reduzierung der Oberflächenspannung erreichen. Eine gezielt eingebrachte Strukturierung der Oberfläche führt zu einer Beeinflussung der Strömungsbedingungen des angrenzenden umströmten Mediums (Kühlwasser, Luftmassen), was eine

Die entwickelten eisabweisenden Beschichtungen werden im Kältelabor der Professur Biomaterialien von Frau Dr. Bergmann gegenwärtig für konkrete technische Anwendungen konfektioniert und charakterisiert.





Physikalische Sensoren, die unsere menschlichen Sinne nachahmen und sogar verbessern können, wie z. B. Thermometer, Mikrophone und Kameras, haben längst Einzug in unser tägliches Leben gehalten. Moderne PKWs können mit solchen Sensoren Unfälle vermeiden oder deren Folgen lindern helfen, auf Flughäfen sorgt eine Vielzahl von Detektoren für die Sicherheit der Reisenden. Eine weit weniger etablierte Art von Sensoren sind die Chemo- und Biosensoren. Der Nachweis von biologischen Molekülen erfolgt heutzutage meist mithilfe aufwändiger Prozeduren, die dem Chemo- und Biosensor „Nase“ in punkto Geschwindigkeit und Sensitivität weit unterlegen sind. Dresden bietet als Konvergenzraum von Chipindustrie, Materialwissenschaft und biologischer Forschung auf universitärer sowie unternehmerischer Ebene ideale Voraussetzungen, diese Lücke zu schließen.

**Kontakt:**  
 TU Dresden  
 Fakultät Maschinenwesen  
 Institut für Werkstoffwissenschaft  
 Professur für Materialwissenschaft und Nanotechnik  
 Prof. Dr. Gianaurelio Cuniberti  
 Max-Bergmann-Zentrum für Biomaterialien  
 Budapeststraße 27, 01069 Dresden  
 Tel.: +49-351-463-31420  
 Fax: +49-351-463-31422  
 E-Mail: office@nano.tu-dresden.de

## Dresdner Jungforscher entwickeln eine Innovative Biosensorik mit Si-Nanodrähten

Eine Gruppe von sieben jungen Wissenschaftlern der Professur für Materialwissenschaft und Nanotechnik von Prof. Gianaurelio Cuniberti namens InnovaSens hat im März 2010 die Arbeit aufgenommen, einen elektrischen Biosensor auf Basis von Silizium-Nanodrähten zu bauen (Abb. 1, 2).

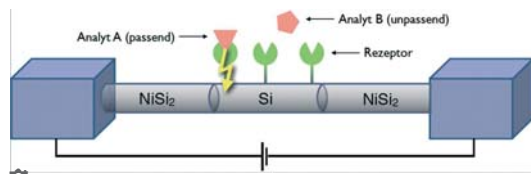


Abb. 1: Sensor in schematischer Darstellung (Quelle: TUD IfWW)

Biologische Moleküle, die höchst spezifisch an die mit Antikörpern oder Aptameren funktionalisierten Drähte binden, sollen dafür sorgen, den elektrischen Widerstand der Drähte zu beeinflussen. Damit kann das Auftreten eines Moleküls, z. B. eines bestimmten Duftstoffs, oder eines Mikroorganismus, z. B. eines Virus, in einer Probe in Sekundenschnelle von einer mikroelektronischen Schaltung registriert werden.

Die erfolgreiche Entwicklung eines solchen Biosensors erfordert ein detailliertes Verständnis verschiedener physikalischer, chemischer, biologischer sowie techni-

scher Aspekte, wie z.B. der Ladungsmigrationseigenschaften von nanoskopischen Systemen, der Eigenschaften von anorganisch-biologischen Grenzflächen, der Wechselwirkung von biologischen Molekülen (Protein-Antikörper-Bindung) und der Anordnung und Kontaktierung von Nanodrähten auf Mikrochips. Ebenso interdisziplinär wie die Anforderungen setzt sich auch die Gruppe aus Biologen, Physikern, Materialwissenschaftlern und Ingenieuren zusammen. Die Gruppe kooperiert auf verschiedenen Teilgebieten mit Forschungseinrichtungen in Dresden und außerhalb Deutschlands, so unter anderem intensiv mit der NamLab GmbH, dem Fraunhofer Institut für zerstörungsfreie Prüfverfahren und dem Institut für Lebensmittel- und Bioverfahrenstechnik der TU Dresden sowie der POSTECH Universität in Südkorea.

Innerhalb der nächsten drei Jahre soll ein Prototyp eines Biosensors entwickelt werden, der in Folgeprojekten stetig weiterentwickelt und zur Marktreife gebracht werden soll.

Die Forschungsgruppe InnovaSens wird aus Mitteln der Europäischen Union gefördert.

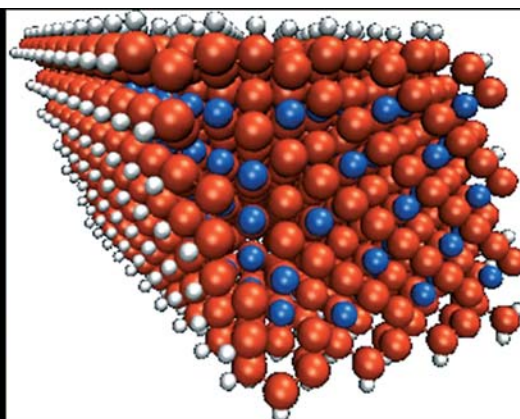
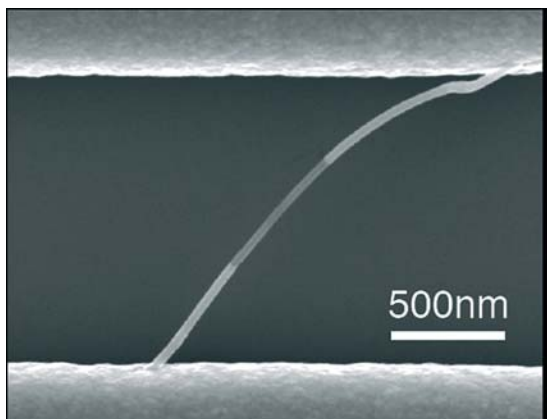


Abb. 2: Elektronenmikroskopische Aufnahme eines Silizium-Nickelsilizid-Nanodrahts und atomistisches Modell des Drahtes an der Grenzfläche Si/NiSi<sub>2</sub> (aktive Zone); Ni – blau, Si – rot, H – weiß  
 (Quellen: NaMLab gGmbH; TUD IfWW)

**Kontakt:**  
TU Dresden  
Fakultät Maschinenwesen  
Institut für Werkstoffwissenschaft  
Professur Anorganisch-Nichtmetallische  
Werkstoffe  
Prof. Dr. rer. nat. habil. Alexander Michaelis

Fraunhofer Institut für Keramische  
Technologien und Systeme  
Winterbergstraße 28  
01277 Dresden  
Tel.: +49-351-2553-7700  
Fax: +49-351-2553-7600  
E-Mail: Alexander.Michaelis@ikts.fraunhofer.de  
<http://www.ikts.fraunhofer.de>

Im Rahmen der gemeinsamen Berufung des Lehrstuhlinhabers als Hochschulprofessor an der TU Dresden und als Leiter des Fraunhofer-Institutes für Keramische Technologien und Systeme IKTS wird in Dresden das Feld der Hochleistungskeramik von der grundlagenorientierten Vorlaufforschung bis zur Anwendung in seiner ganzen Breite abgedeckt.

Das Leistungspotenzial umfasst die anwendungsorientierte Entwicklung moderner keramischer Hochleistungswerkstoffe, industrierelevanter pulvertechnologischer Herstellungsverfahren und prototypischer Bauteile. Im Zentrum stehen dabei Strukturkeramiken, Funktionskeramiken und Cermets für innovative Lösungen in vielen Branchen der Wirtschaft. Durch die enge Zusammenarbeit des IKTS mit der TU Dresden in Form gemeinsamer Arbeitsgruppen gelingt es, sich erfolgreich auf vielen zukunftssträchtigen Forschungsfeldern zu positionieren. Einige werden hier auszugsweise vorgestellt.



Hochleistungs- und Strukturkeramik

## Forschungsschwerpunkte der Professur für Anorganisch-Nichtmetallische Werkstoffe

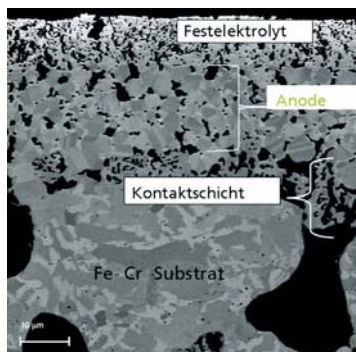


Abb. 1: MSC im Schnitt  
(Quelle: E. Girdauskaite, TUD ifWW)

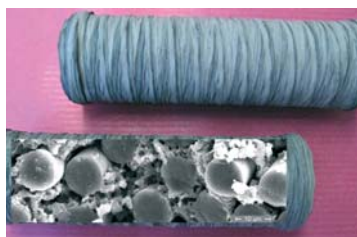


Abb. 2: Faserverbundwerkstoff  
(Quelle: K. Schoenfeld, TUD ifWW)

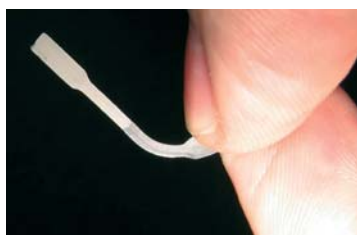


Abb. 3: Keramik-Metall-Verbund  
(Quelle: A. Baumann, TUD ifWW)

Im Rahmen des InnoCampus-Projektes werden metallgetragene Zellen (MSC) für die Hochtemperatur-Brennstoffzelle entwickelt. Diese zeichnen sich u. a. durch die Eignung für mobile Anwendungen, kurze Start-up-Zeiten, sowie ein hohes Maß an Robustheit gegenüber Erschütterungen und eine hohe Redoxstabilität aus. Es soll unter anderem erreicht werden, dass die Interdiffusion von Eisenatomen aus dem Metallsubstrat in die nickelhaltige Anode verhindert wird (Abb. 1).

Ein weiterer Schwerpunkt der Forschungsaktivitäten stellt die Entwicklung von Hochtemperaturbauteilen aus nichtoxidischen Faserverbundwerkstoffen (Abb. 2), ebenfalls im Rahmen des InnoCampus-Projektes, dar. Ziel hierbei ist es, mechanisch stabile Bauteile zu entwickeln, die – bei einer Langzeitbeständigkeit bei über 1000 °C – temporär bis zu 1600 °C überstehen und dabei mit einer hohen Schadenstoleranz aufwarten können. Für den Einsatz im Kraftwerksbau muss gleichzeitig die Gasdichtheit unter hohem Druck und Vakuum gewährleistet sein.

Im Rahmen des Teilprojektes A1 des SFB/TR39 „PT-PIESA“ werden piezokeramische Werkstoffe in Form von Fasern und Platten hergestellt und zu integrationsfähigen Modulen weiterverarbeitet. Dabei liegt das Hauptaugenmerk in der Konfektionierung der Module in Bezug auf Geometrie und Kontaktierung für eine serienfähige, form- und stoffschlüssige Integration in die entsprechenden Strukturkomponenten. Ziele sind die Entwicklung und Herstellung von geometrisch definierten Piezofaser-Polymer-Verbunden für die Prozessketten Faserverbund und Umformen, sowie von LTCC-Piezokeramik-Laminaten für die Prozesskette Gießen (Aluminiumdruckguss).

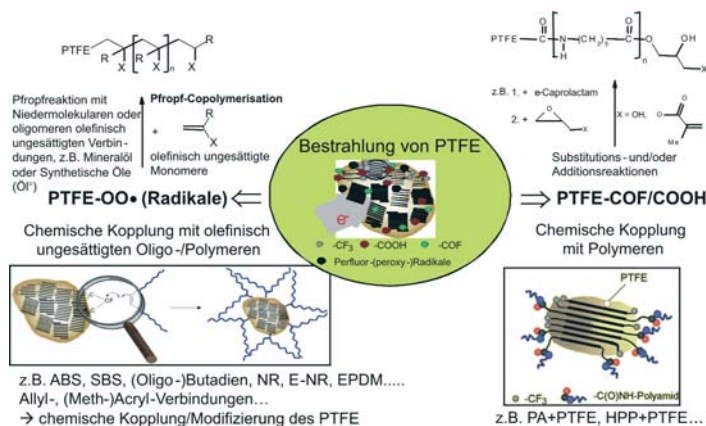
Im ECEMP-Teilprojekt C3 „CeraDuct“ werden Keramik-Matrix-Verbundwerkstoffe (CMC) untersucht, die mit metallischen duktilen Mikro- oder Nano-Par-

tikeln versetzt sind. Bis heute stellen CMCs, die mit duktilen Partikeln hergestellt worden sind, ein wissenschaftlich höchst interessantes Feld dar. Das Ziel des Projektes ist die Entwicklung neuer Materialien und ihre Etablierung als Hochleistungskonstruktionswerkstoffe. Abb. 3 demonstriert die unterschiedlichen Duktilitätseigenschaften von Keramik und Metall.

Mit einem thermoelektrischen Generator (TEG) kann Wärme auf Basis des Seebeck-Effekts direkt in elektrische Energie umgewandelt werden. Wegen des geringen Wirkungsgrades < 10% werden TEGs bisher nur selten verwendet. Durch die Erhöhung der Einsatztemperaturen kann der Wirkungsgrad von TEGs deutlich gesteigert werden. Keramische TE-Materialien besitzen das Potenzial, solche hohen Temperaturen zu erschließen. Diese werden im ECEMP-Teilprojekt B3 untersucht. Ein Schlüssel zum Durchbruch von keramischen Thermoelektrika ist die Erhöhung der thermoelektrischen Effizienz. Kompositkeramiken aus BxC und SiC bieten diese Möglichkeit. Anwendungsfelder ergeben sich in den Bereichen Chemie-, Keramik-, Glas- und Automobilindustrie, sowie Metallurgie und Kraftwerksbau.

Im DFG-Projekt „Mechanismen der elektrochemischen Korrosion polykristalliner SiC-Keramiken“ wird die anodische Oxidation einer YAG-haltigen LPSSiC-Keramik untersucht. In saurem Medium wird ein bevorzugter Angriff im Hüllen-Bereich der SiC-Körner deutlich, wo es zur Bildung einer amorphen Oxidschicht kommt. Die Kernbereiche der SiC-Körner bleiben hingegen weitgehend intakt.

Das Verbundprojekt „Nanostrukturierte Elektrodenoberflächen für die Energietechnik (Enercoat)“ hat zum Ziel, die elektrochemische Abscheidung von katalytisch aktiven Platin- und Rutheniumpartikeln auf geordneten Carbon Nanotubes für die Anwendung in der Gasdiffusionschicht einer Brennstoffzelle zu ermöglichen. ■



Schema 1: Modifizierung von PTFE-Mikropulver (Quelle: IPF Dresden)

Läuft wie geschmiert

## Mit interdisziplinärer Forschung zu Hochleistungsschmierstoffen und Hochleistungswerkstoffen

„ForMaT – Forschung für den Markt im Team“ – in diesem BMBF-Förderprogramm sollen Erfindergeist und Unternehmertum gezielt zusammengebracht werden.

Im Rahmen des ForMaT-Programms wurde ein Potenzial-Screening zu den langjährigen Forschungsarbeiten zur PTFE-Modifizierung hinsichtlich Praxisrelevanz und Überführbarkeit durchgeführt. Als Ergebnis wurde der Antrag zum ForMaT-Projekt Phase II „MoRe-PTFE“ (Modifiziertes und Recyceltes PTFE) eingereicht. Das Projekt befasst sich neben der Modifizierung und Verarbeitung von PTFE-Neuware auch mit dem Recycling von PTFE-Abfällen. PTFE (Polytetrafluorethylen) wird im Bereich der Tribowerkstoffe aufgrund der antiadhäsiven Eigenschaften für schmiermittelfreie Anwendungen geschätzt. Jedes Jahr sind hohe wirtschaftliche Verluste nur durch Reibung und Verschleiß zu verzeichnen.

Als physikalische Beimischung werden PTFE-Mikropulver schon seit Jahrzehnten mit gutem Erfolg genutzt. Eine chemische Modifizierung des PTFE wurde bis zu den Arbeiten am IPF als nicht realisierbar eingeschätzt.

Bekannt war aus den langjährigen Forschungsarbeiten zur PTFE-Modifizierung, dass durch hochenergetische Strahlen PTFE-Mikropulver entstehen, die funktionelle Gruppen und langlebige Radikale besitzen. Erst der Nachweis der chemischen Kopplung von Polyamiden mit PTFE im Jahr 1997 legte den Grundstein für diese innovative Materialforschungsrichtung, deren Ergebnisse im Schema 1 wiedergegeben werden.

Die interdisziplinäre Bearbeitung von chemischen und technologischen Problemstellungen am Institut in der Abteilung „Reaktive Verarbeitung“ führte zu Materialweiter- und -neuentwicklungen für tribologi-

sche Anwendungen, zu denen bisher 12 Patente angemeldet und bereits 5 Lizenzen vergeben wurden.

Verschiedene Materialien, wie z.B. die chemisch gekoppelten Polyamid-PTFE-Materialien, sind kommerziell verfügbar. Durch die chemische Kopplung des PTFE mit dem Polyamid werden eine stabile Verarbeitungsmorphologie und daraus resultierend verbesserte mechanische und tribologische Eigenschaften erreicht.

Beispielsweise kommen im Dentalbereich als Spezialanwendung chemisch gekoppelte Polyamidimid-PTFE-Materialien als Käfigmaterial in Hochleistungskugellagern mit 400.000 U/min zum Einsatz. Mit diesem neuen Material wird eine Verlängerung der Lebensdauer auf mehr als das 5-fache im Vergleich zum bisher eingesetzten Material Torlon 4301 erreicht.

### „Welche wirtschaftlichen Vorteile kann man mit gekoppeltem/kompatibilisiertem PTFE noch erreichen?“

So führten z.B. Versuche zur Kopplung von Ölen mit PTFE zu langzeitstabilen Dispersionen mit verbesserten Schmierstoffeigenschaften. Erste Feldtests bestätigten diese vorteilhaften Eigenschaften und haben gezeigt, dass in einem Kraftübertragungssystem schon ohne weitere Optimierung eine Standzeitverlängerung von 100 % bei gleichzeitiger Energieeinsparung von 5 % erreicht wurde.

Neben der Vermarktung von Ergebnissen wird die Ausgründung „perfluorence“ vorbereitet, die solche PTFE-Spezialprodukte für kleine und mittelständische Unternehmen bereitstellen wird. Das Gründungsprojekt wurde im Juni 2010 mit dem IQ-Innovationspreis Mitteldeutschland im Cluster Chemie/Kunststoffe ausgezeichnet. Dresden exists unterstützt „perfluorence“ in gründungsrelevanten Fragestellungen.

„Deutschland ist ein Land der Erfindungen, der Patente und der exzellenten Forschung. Dieses Potenzial wollen wir noch stärker nutzen und daraus Produkte, Dienstleistungen, Wirtschaftswachstum und Arbeitsplätze entstehen lassen.“

Dr. A. Schavan, MdB, Bundesministerin für Bildung und Forschung



SupraTrans ist ein innovatives Transportkonzept, das auf dem reibungslosen, stabilen Schweben eines massiven Supraleiters in einem äußeren Magnetfeld beruht. Das mögliche Anwendungsspektrum reicht vom Personennahverkehr bis zum innerbetrieblichen Transport bei höchsten Reinheitsanforderungen, beispielsweise in der Elektronikindustrie. In Zusammenarbeit mit Partnern aus Bahntechnik, Verkehrsunternehmen und öffentlicher Forschung wurde ein Demonstrator entwickelt, mit dem die Eignung dieser Technologie als Trag- und Führsystem nachgewiesen wurde. Auf dem Weg zum realen Transportsystem wird derzeit eine Fahrversuchsanlage aufgebaut. Diese besteht aus einem 80 m langen Rundkurs und dient der Erprobung des Schwebesystems für Personen- oder Gütertransport unter praxisnahen Betriebsbedingungen.


**Professur für Metallische Werkstoffe und Metallphysik**

## SupraTrans – das supraleitend schwebende Transportsystem

In der jüngsten Zeit gewinnen Magnetlager zunehmend an Bedeutung. Elektromagnete übertragen berührungslos Kräfte und ermöglichen damit Rotation oder Fortbewegung. Die Erzeugung der notwendigen Führungskräfte in diesen Magnetlagern erfordert eine aufwändige Mess- und Regeltechnik. Auf beides kann man mit supraleitenden Magnetlagern im Wesentlichen verzichten. Mit massiven Supraleitern und einem einfachen Magnetfahrweg sind stabile, reibungslose Schwebefeffekte zu erzielen (Abb. 1). Seit der Entdeckung der Hochtemperatur-Supraleiter (HTSL) 1986 arbeitet das IFW sehr erfolgreich an der Erforschung massiver Yttrium-Barium-Kupfer-Oxid-Supraleiter (YBaCuO). Deren Entwicklung ist inzwischen soweit vorangeschritten, dass ihr Einsatz bei Magnetbahnen möglich erscheint.

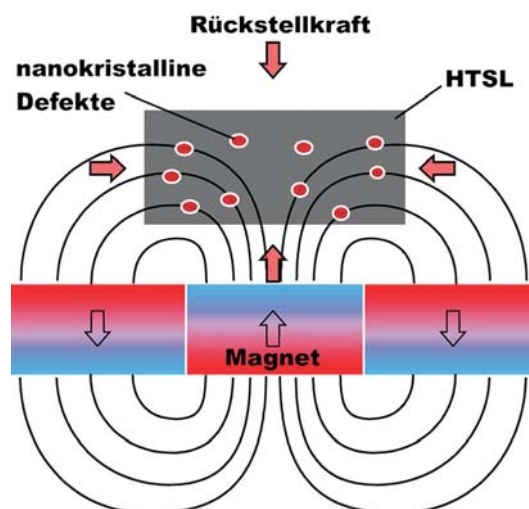


Abb. 1: Supraleiter (HTSL) im Magnetfeld mit wirkenden Kräften  
(Quelle: IFW Dresden)

Im Verbund mit regionalen Partnern wurde am Institut für Metallische Werkstoffe im IFW Dresden der Demonstrator ST01 (Abb. 2a) entwickelt und gebaut, der die grundsätzliche Machbarkeit von Magnetbahnsystemen unter Verwendung der neuen

Technologien veranschaulicht und damit vollkommen neue Möglichkeiten für einen ökologischen, schienenungebundenen Individualverkehr – die Verkehrskonzepte der Zukunft – sowie für schnelle Logistiksysteme eröffnet. Zahlreiche Präsentationen erweckten großes Interesse für eine Umsetzung dieser Zukunftstechnologie bei Fachleuten und Unternehmen im In- und Ausland. Für einen nachhaltigen Transfer dieser Technologie für den kommerziellen Einsatz ist die Lösung bisher nicht geklärter Fragen zu systemspezifischen Komponenten wie gebogener Fahrweg, Kreuzungen, Weichen und verbesserte Kühlsysteme entscheidend. Das Projekt SupraTrans II soll diese Fragen beantworten und damit den nächsten Schritt zum realen Transportsystem gehen. Gefördert vom Sächsischen Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst entsteht bis Ende 2010 eine Fahrversuchsanlage zur Erprobung der Fahrzeug- und Fahrwegkomponenten unter praxisnahen Betriebsbedingungen. Kernstück des Projektes ist ein 80 m langer Rundkurs mit einer Weiche und einem Fahrzeug, auf dem Personen oder Güter transportiert werden können (Abb. 2b). Nach ihrer Fertigstellung wird die Fahrversuchsanlage die bisher größte Versuchsstrecke für supraleitend gelagerte Transportsysteme weltweit darstellen.

Weitere Informationen unter [www.supratrans.de](http://www.supratrans.de). ■

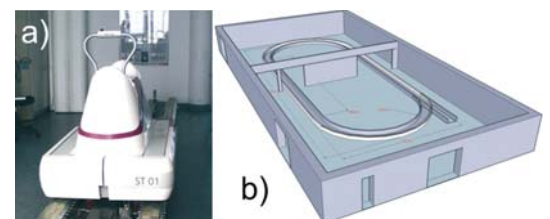


Abb. 2:  
 a) Demonstrator ST01 für supraleitende Magnetschwebetechnik;  
 b) Im Aufbau befindliche Teststrecke in der Versuchshalle Dresden-Niedersedlitz  
 (Quelle: IFW Dresden)

Metallische Gläser und metallische Massivgläser sind neuartige Legierungen, die unter strukturellen Gesichtspunkten Flüssigkeiten darstellen, welche sich aber aufgrund ihrer hohen Viskosität bei Raumtemperatur wie Festkörper verhalten. Aus dieser Kombination erwächst unter anderem ein außergewöhnliches Verhalten unter mechanischer Beanspruchung: So vorteilhaft die hohen Festigkeiten und großen elastischen Dehnungen sind, so problematisch ist das katastrophale Bruchverhalten metallischer Gläser. Doch durch eine geeignete Legierungsauswahl lassen sich zum einen amorphe Legierungen herstellen, die während der Verformung Nanometer große Formgedächtniskristalle ausscheiden und zum anderen zweiphasige metastabile Legierungen, die aus Formgedächtniskristallen und einer amorphen Matrix bestehen. Beide Materialien zeigen deutlich verbesserte mechanische Eigenschaften.

## **Vielleitige metastabile Legierungen: Formgedächtniseffekt und amorpher Zustand**

Eine weit verbreitete Methode zur Herstellung metastabiler Legierungen ist die Rascherstarrung einer metallischen Schmelze, wobei der rasche Entzug der Wärme dazu führt, dass die Struktur der Schmelze quasi eingefroren wird. Durch die gezielte Variation der Abkühlbedingungen kann man eine Vielzahl an unterschiedlichen Gefügen einstellen, vom einphasig amorphen Zustand bis hin zu einem Gefüge bestehend aus kristallinen Phasen und einer amorphen Matrix.

Als eine Aktivität von vielen werden am Institut für Komplexe Materialien (IKM) des Leibniz-Instituts für Festkörper- und Werkstoffforschung (IFW) Dresden Legierungen in Form von Glas-Matrix-Kompositen und vollständig amorphen Gläsern entwickelt, die den Formgedächtniseffekt mit den Eigenschaften metallischer Gläser verknüpfen. Der Formgedächtniseffekt äußert sich in einer martensitischen Umwandlung unter mechanischer Belastung in den Kristallen der Glas-Matrix-Komposite (s. Abb. 1) und bewirkt, dass das verformungsinduzierte Erweichen der Matrix überkompensiert wird und die Glas-Matrix-Komposite so eine ausgeprägte Kaltverfestigung zeigen. Zudem hemmen die Kristalle das Ausbreiten von Scherbändern und fördern die Vervielfältigung selbiger in der amorphen Matrix, was zu einer Erhöhung der Plastizität führt.

Doch der Formgedächtniseffekt spielt auch für das Verformungsverhalten bestimmter metallischer Gläser eine wichtige Rolle: Unter mechanischer Belastung scheiden sich in ihnen Nanometer große Formgedächtniskristalle aus, die ihrerseits eine ausgeprägte

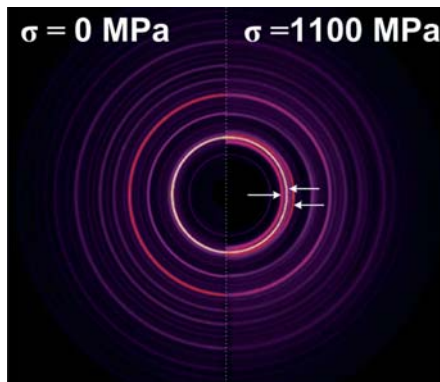


Abb. 1: zweidimensionales Röntgenbeugungsbild der Formgedächtnisphase im Ausgangszustand (linke Hälfte,  $\sigma = 0$  MPa) und unter mechanischer Belastung (rechte Hälfte,  $\sigma = 1100$  MPa). Die Pfeile weisen auf die zusätzlichen Reflexe durch die martensitische Umwandlung hin. (Quelle: IFW Dresden)

Neigung zur Bildung sogenannter Verformungszwillinge haben (s. Abb. 2). Die Zwillingsbildung wiederum ist Ausdruck des Formgedächtniseffekts, der auf kleinen Längenskalen bevorzugt über diese spezielle Scherverformung erfolgt. Die Bildung von Nanokristallen und Zwillingen benötigt Energie, die aus der aufgewandten Verformungsenergie gewonnen wird. Damit kann das Entstehen von Mikrorissen verzögert werden, die das spröde Versagen des Materials

bewirken. Als Resultat ergibt sich eine makroskopisch messbare plastische Dehnung bei gleichzeitiger Verfestigung des Materials. Diese Ergebnisse sind im Zusammenhang mit Forschung zu neuartigen, hochfesten, nanostrukturierten Funktions- und Konstruktionswerkstoffen entstanden, die durch die europäische Union und die deutsche Forschungsgemeinschaft gefördert wird.

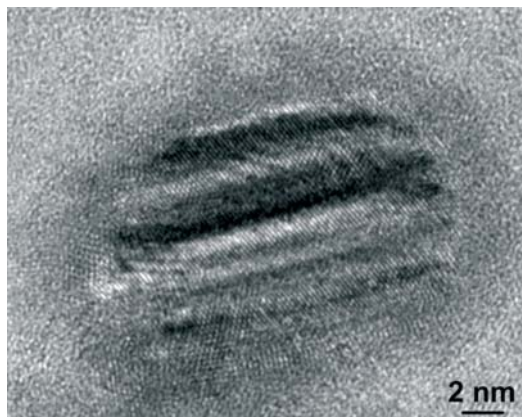


Abb. 2: Verformungszwilling, der sich in einer amorphen Legierung während der Verformung gebildet hat. (Quelle: IFW Dresden)

**Kontakt:**  
Technische Universität Dresden  
Fakultät Maschinenwesen  
Institut für Werkstoffwissenschaft  
Arbeitsgruppe für Physikalische  
Werkstoffdiagnostik  
Prof. Dr.-Ing. habil. Jürgen Bauch  
Tel.: +49-351-463-33594  
Fax: +49-351-463-37491  
E-Mail: juergen.bauch@tu-dresden.de

Ein in der Arbeitsgruppe „Physikalische Werkstoffdiagnostik“ im Institut für Werkstoffwissenschaft neuentwickeltes Verfahren dient zur Registrierung von Realstruktur-Informationen in massiven Proben und realen Bauteilen (z. B. Turbinenschaufeln) mittels harter Röntgenstrahlung, wobei auf dem Detektor (Röntgenflachdetektor, Film, Image-Plate) gleichzeitig und vom gleichen Probenvolumen sowohl eine röntgenshattenmikroskopische Abbildung makroskopischer Fehler und Strukturen als auch Beugungsreflexe harter Röntgenbremsstrahlung mit Informationen zur Kristallstruktur (z. B. Kristallorientierung, Verzerrungen, innere Spannungen) abgebildet werden. Mit diesem Verfahren können einkristalline und grobkristalline Proben mit einer Dicke von bis zu einigen Zentimetern in Durchstrahlung untersucht werden (Patent DE 10 2008 008 829 B4).



Physikalische Werkstoffdiagnostik

## Kombinierte Realstrukturanalytik an Turbinenschaufeln in Durchstrahlung mittels harter Röntgenbremsstrahlung



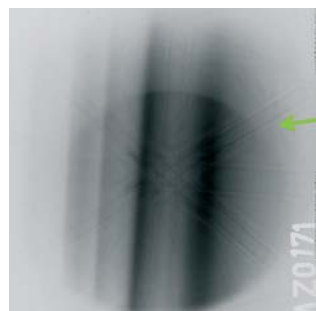
Ein Strahlenkegel aus harter Röntgenbremsstrahlung mit einer ganz bestimmten Divergenz, z.B. von einer Röntgenfeinfokusröhre, trifft auf das zu untersuchende Probenvolumen. Das erfasste Probenvolumen wird röntgenshattenmikroskopisch auf dem Detektor abgebildet. Auf diese Weise werden makroskopische Fehler und Strukturen im Inneren des Probenvolumens sichtbar gemacht. Die erforderliche Beschleunigungsspannung ist u. a. abhängig von der durchschnittlichen Ordnungszahl, der Dichte und der Dicke der Probe.

Auf ein und derselben Aufnahme werden vom identischen Probenvolumen gleichzeitig Beugungsreflexe mittels harter Röntgenbremsstrahlung und makroskopische Defekte und Strukturen mittels Radiographie abgebildet. Die beugenden Wellenlängen sind dabei u. a. von der Beschleunigungsspannung abhängig. Sie liegen etwa im Bereich von  $\lambda_{\min} < \lambda \leq 1,3 \lambda_{\min}$  ( $\lambda_{\min}$  – kurzwellige Kante des Bremsstrahlungsspektrums). Nur die dem Kriterium der BRAGG'schen Gleichung unterliegenden Wellenlängen des Bremsstrahlungsspektrums werden am Kristallgitter gebeugt. Aus den Beugungsreflexen können Rückschlüsse auf die Realstruktur im Inneren des einkristallinen Körpers gezogen werden (z. B. innere Spannungen, Orientie-

rung, Verzerrungen). Die patentierte Methode reduziert wesentlich den Prüfaufwand, z.B. bei der Turbinenschaufel-Inspektion (Abb. 1a-c), und liefert radiographische und kristallographische Informationen über das gesamte durchstrahlte Volumen „in einem Schuss“. Die Röntgenbeugungsreflexe können zur Auswertung computersimuliert werden.

Die in der Energietechnik derzeit üblichen Standardverfahren zur Turbinenschaufelprüfung sind Kombinationen aus einer Röntgeninspektion (integrale radiographische Information über das gesamte Proben- bzw. Bauteilvolumen) und der LAUE-Methode (kristallographische Informationen der Oberfläche bzw. eines oberflächennahen Bereiches), die mehr oder weniger großen Einschränkungen unterliegen und einen erheblichen Prüfaufwand erfordern.

Wir danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die finanzielle Unterstützung. ■



**Abb. 1a:**  
Bereich des Turbinenschaufels mit der Abbildung der Radiographie und gleichzeitiger Sichtbarkeit der Kristallstörungen



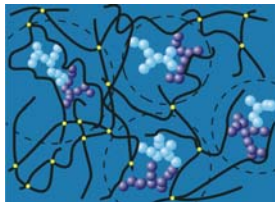
**Abb. 1b:**  
Foto einer Turbinenschaufel aus einer einkristallinen CMSX-6-Legierung mit Kennzeichnung des durchstrahlten Gebietes



**Abb. 1c:**  
Bereich des Turbinenschaufels mit Auflösung der Feinstruktur der breiten Bremsstrahlungsbeugungsreflexe (kristallographische Realstruktur erkennbar) (Quelle: TUD ifWW)



Das Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e.V. (IPF) ist eine der größten Polymerforschungseinrichtungen in Deutschland. Ein Schwerpunkt des Institutes ist die Entwicklung von polymeren Funktionswerkstoffen mit neuartigem Eigenschaftsprofil durch die Kombination der Materialentwicklung mit innovativen und nachhaltigen Herstellungs- und Verarbeitungstechnologien. Das Leibniz-Applikationslabor „Multifunktionelle Polymerwerkstoffe“ bietet die Möglichkeit, Knowhow aus Forschung und Entwicklung der polymeren Werkstoffe auf direktem Wege in die Industrie zu übertragen. Bei der Umsetzung neuer Technologien sowie bei der Entwicklung von Prototypen stehen qualifizierte Fachkräfte sowie modernste Labor- und Technikausstattungen zur Verfügung.



Simulation eines mit Nanopartikeln gefüllten Polymernetzwerkes



**Kontakt:**  
**Leibniz-Institut**  
**für Polymerforschung Dresden e.V.**  
 Hohe Str. 6  
 01169 Dresden  
 Prof. Dr. Gert Heinrich  
 Tel.: +49-351-4658-361  
 E-Mail: gheinrich@ipfdd.de  
 Dr. Sina Burkert  
 Tel.: +49-351-4659-155  
 E-Mail: burkert@ipfdd.de

## Transfer angewandter Forschungsthemen in den Mittelstand **Leibniz Applikationslabor Multifunktionelle Polymerwerkstoffe**

Die Applikationslabore der Leibniz-Gemeinschaft unterstützen in einer neuen Form transferorientierte Forschungsfelder. Sie dienen der Initiierung von Kooperationen sowie dem Aufbau eines verbesserten Leistungs- und Transferangebotes der Institute und übernehmen eine Vermittlerfunktion zwischen Industrie und Wissenschaft bei der Überführung transferrelevanter Ergebnisse in die Praxis.

Am Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e. V. (IPF) wurde ein Applikationslabor zum Thema „Multifunktionelle Polymerwerkstoffe“ eingerichtet. Materialien mit genau definierten neuartigen Eigenschaften und Funktionalitäten sind für die Entwicklung neuer Technologien und Produkte unverzichtbar. In zunehmendem Maße sind Werkstoffe gefragt, die unterschiedliche Funktionalitäten vereinen. Polymere besitzen für die Entwicklung solcher multifunktionalen Materialien ein enormes Potential, denn kein anderer Werkstoff ist in seinen Eigenschaften so variabel und kann so vielen verschiedenen Einsatzzwecken angepasst werden wie Kunststoff.

Mit dem Leibniz-Applikationslabor will das IPF Erkenntnisse aus seiner angewandten Grundlagenforschung zu den Themen „Elastomere Nanokomposite“ und „Elektroneninduzierte reaktive Aufbereitung“ schneller und leichter für industrielle Anwendungen nutzbar machen. Kleine und mittelständische Unternehmen werden bei der Entwicklung und Überführung kundenspezifischer polymerer Funktionswerkstoffe in die Praxis unterstützt.

Auf dem Gebiet der Elastomere eröffnen die speziellen Kompetenzen der Wissenschaftler am IPF die Möglichkeit, durch Einarbeitung von neuen, nanoskaligen Füllstoffen wie Kohlenstoffnanoröhrchen (CNT), Schichtsilikaten, Graphenen oder Layered Double Hydroxides (LDH) die Materialeigenschaften der Elastomere in gewünschter Weise

anzupassen. Beim Ersatz herkömmlicher Zusatzstoffe gelingt es dabei sogar, umweltschädliche Einflüsse zu reduzieren, wie beim Einsatz von LDH anstelle von Zinkoxid bei der Kautschukvernetzung.

Die elektroneninduzierte reaktive Aufbereitung ist ein am IPF entwickeltes innovatives Verfahren zur Herstellung thermoplastischer Funktionswerkstoffe (z. B. Blends, Composite/Nanokomposite) mit erhöhter Reißdehnung, Zugfestigkeit und Schlagzähigkeit. Die Induzierung chemischer Reaktionen im Schmelzemischprozess mittels energiereicher Elektronen ermöglicht eine individuelle Modifizierung entsprechend des geforderten Eigenschaftsprofils ohne Zusatz von Additiven und erlaubt somit einen nachhaltigen sowie umweltfreundlichen Materialeinsatz.

Das IPF stellt nationalen wie internationalen Projektpartnern zur Herstellung und Veredelung individuell modifizierter klassischer Kunststoffe (Polyethylen, Polypropylen) und regenerativer Polymere die am IPF entwickelten Methoden zur Verfügung. Interdisziplinäre Teams, ganzheitliches kundenspezifisches Projektmanagement, moderne Forschungsinfrastruktur sowie umfassendes Knowhow im Bereich von Hochleistungsverbundwerkstoffen und thermoplastischen Funktionswerkstoffen – von Synthese über Verarbeitung und Modifizierung bis hin zur umfassenden Werkstoff- und Oberflächencharakterisierung und Inline- und Online-Prozessanalyseverfahren – garantieren die Bearbeitung anwendungsorientierter Forschungsprojekte unter industrienahen Bedingungen.

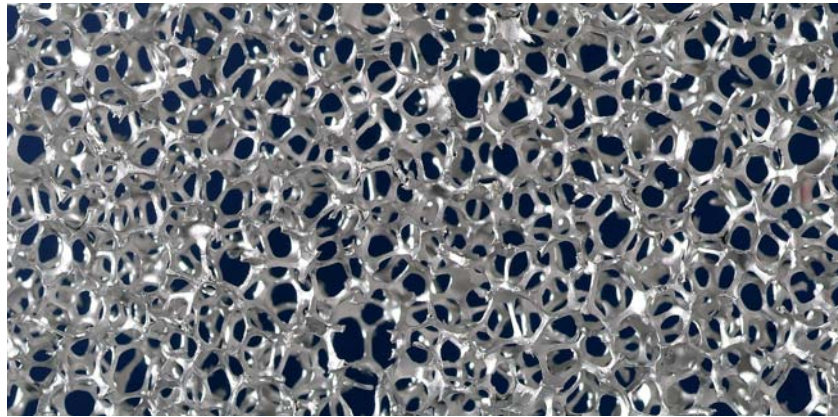


Elektroneninduzierte reaktive Aufbereitung, kurz EIRA, zur Modifizierung von Polymerwerkstoffen



Aufnahme einer Vulkameterprobe (Fotos: IPF Dresden)

**Kontakt:**  
 Fraunhofer-Institut  
 für Fertigungstechnik und  
 Angewandte Materialforschung (IFAM)  
 Institutsteil Dresden  
 Winterbergstraße 28  
 01277 Dresden  
 Tel.: +49-351-2537-555  
 Fax: +49-351-2554-495  
 E-Mail: [Cornelia.Mueller@ifam-dd.fraunhofer.de](mailto:Cornelia.Mueller@ifam-dd.fraunhofer.de)  
[www.ifam-dd.fraunhofer.de](http://www.ifam-dd.fraunhofer.de)




Die Eigenschaften der Titanschäume kommen denen des menschlichen Knochens sehr nahe.




Der Natur nachempfunden

## Metallische Schaumstrukturen in der Medizin



 Prof. Dr.-Ing. Bernd Kieback



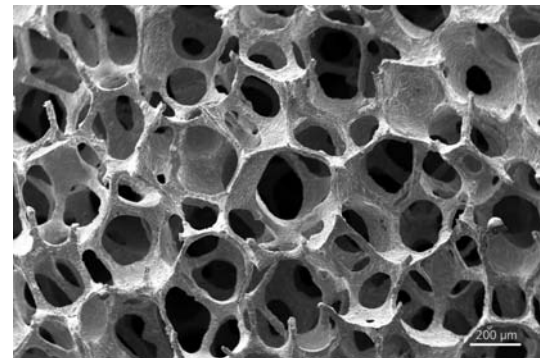
 Dr.-Ing. Peter Quadbeck  
(Fotos: GWT)

Beispielhaft für die innovativen Werkstoffentwicklungen am Standort Dresden steht der Ansatz von Forschern des Fraunhofer-Instituts für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, poröse metallische Strukturen mit bioanalogen Eigenschaften als Knochenersatzmaterialien in der klinischen Anwendung einzusetzen.

Bisher werden in der Unfallchirurgie größtenteils massive Implantate aus Titan oder Titanlegierungen verwendet. Das Material ist langlebig, stabil und belastbar und wird vom Körper gut getragen. Allerdings weisen die verwendeten massiven Implantate eine deutlich höhere Steifigkeit auf als der umgebende Knochen, wodurch die Knochenneubildung gestört wird und es zu Knochenrückbildungen kommen kann.

Das Fraunhofer IFAM Dresden entwickelt deshalb eine neue Generation Implantate, die ähnliche Eigenschaften haben wie der menschliche Knochen. Im Blickpunkt stehen offenzellige Titanschäume, die durch ein pulvermetallurgisches Abformverfahren entstehen. Dieses Verfahren hat sich bereits zur industriellen Herstellung keramischer Filter für den Aluminium-Guss bewährt. Das neue Material ähnelt der ebenfalls schaumartig aufgebauten Spongiosa im Knocheninneren und kommt insbesondere deren mechanischen Eigenschaften sehr nahe. Vor allem betrifft dies die Balance zwischen hoher Festigkeit und geringer Steifigkeit. Ersteres ist eine wichtige Voraussetzung für die Verwendung in Knochen, die Gewicht und Bewegung standhalten müssen. Eine knochenähnliche Steifigkeit leitet Belastungsreize weiter und fördert mit der Neubildung von Knochenzellen das Einheilen des Implantats. Dieses kann und soll deshalb sofort nach dem Einsetzen belastet werden. Außerdem erlauben die porösen Strukturen das Einwachsen von Knochenzellen und von Blutgefäßen, die für das Knochenwachstum notwendig sind.

Im Projekt »TiFoam«, koordiniert durch das Fraunhofer IFAM Dresden, haben sich die Partner darauf konzentriert, die Tauglichkeit des Titanschaums beim Ersatz defekter Wirbelkörper nachzuweisen. Er eignet sich jedoch ebenso zur »Reparatur« anderer stark belasteter Knochen.



Die porösen Strukturen ermöglichen das Einwachsen von Knochenzellen und von Blutgefäßen  
(Fotos: Fraunhofer IFAM)

Neben den Werkstoffwissenschaftlern der Fraunhofer-Institute IFAM und IKTS, dem Institut für Keramische Technologien und Systeme in Dresden, waren Mediziner der Uniklinik der TU Dresden sowie mehrere Unternehmen an der Entwicklung des Titanschaums beteiligt. Projektpartner InnoTERE hat bereits angekündigt, aus dem »TiFoam«-Werkstoff Knochenimplantate entwickeln und herstellen zu wollen. ■

Treten durch Trauma oder Tumorerkrankungen große Knochendefekte auf, so reicht das Regenerationspotenzial des Knochens für die Heilung nicht mehr aus und es muss ein Knochenersatzmaterial implantiert werden, um den Defekt über längere Zeiträume zu stabilisieren, bis neugebildeter Knochen die tragende Funktion wieder übernehmen kann. Häufig kommen dabei metallische Vollmaterialien aus Titanlegierungen, Edelstahl oder CoCr-Legierungen zum Einsatz, die auch Jahre nach der Implantation im Körper verbleiben. Dabei bieten diese Materialien zwar den Vorteil, dass sie mechanisch hoch belastbar sind, jedoch kann nur eine unzureichende biologische Integration in den Knochen erfolgen, da das Knochengewebe, wenn überhaupt, nur außen anwachsen kann. Zudem übertreffen diese Materialien die mechanische Belastbarkeit des umliegenden Knochengewebes um ein Vielfaches, schirmen den Knochendefekt mechanisch ab (stress shielding). Dadurch fehlt dem Knochen der mechanische Reiz, den Defekt selbst durch Knochenneubildung zu stabilisieren.



**Kontakt:**  
**InnoTERE GmbH**  
 BioInnovationsZentrum Dresden  
 Tatzberg 47/49  
 01307 Dresden  
 Dr. Berthold Nies  
 Tel.: +49-351-796-57-11  
 Fax: +49-351-796-57-13  
 E-Mail: kontakt@innotere.de  
 www.innotere.de

## Stahlbeton für den Knochen: Der erste hochlasttragende resorbierbare Knochenersatz für Orthopädie und Unfallchirurgie

Vor diesem Hintergrund wurden im POROMES-Projekt, Teil des Wachstumsplans Molecular Designed Biological Coating, von der Firma InnoTERE gemeinsam mit den Dresdner Fraunhofer-Instituten IFAM und IKTS sowie dem Max-Bergmann-Zentrum für Biomaterialien der Technischen Universität Dresden hochbelastbare Metall-Zement-Komposite entwickelt (Abb. 1). Das Prinzip ist seit langer Zeit aus der Bauindustrie bekannt. Dort wird der Zement ebenfalls mit einem Stahlgeflecht verstärkt und man erhält wesentlich belastbarere Materialien. Basis der neu entwickelten Verbundmaterialien für Knochenimplantate bilden offenzellige Metallstrukturen aus degradierbaren Eisenlegierungen. Diese werden mit hochfesten und resorbierbaren mineralischen Knochenzementen beladen. Die Kombination von duktilem Metall mit sprödem aber druckfestem Knochenzement ermöglicht eine hohe mechanische Belastbarkeit, die auch über einen großen Verformungsbereich erhalten bleibt (Abb. 2). Da die verwendeten mineralischen

gebildeten Knochen wandelt sich das Implantat zunächst nach und nach in einen Metall-Knochen-Verbund um. Währenddessen nimmt die Stabilität des Implantats durch den aktiven Abbau der Zementmatrix nach und nach ab. Gleichzeitig steigt dadurch die Last auf den umliegenden bzw. einwachsenden Knochen, wodurch das Knochengewebe wieder biomechanisch stimuliert wird und stress shielding vermieden wird (Abb. 3).

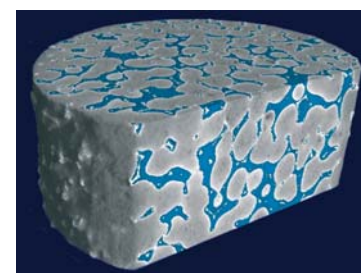


Abb. 1:  $\mu$ CT-Rekonstruktion mit virtuellem Schnitt eines Metall-Knochenzement-Komposits. Knochenzement (grau), Metall (blau). (Fotos: Dr. Ricardo Bernhardt, TUD)

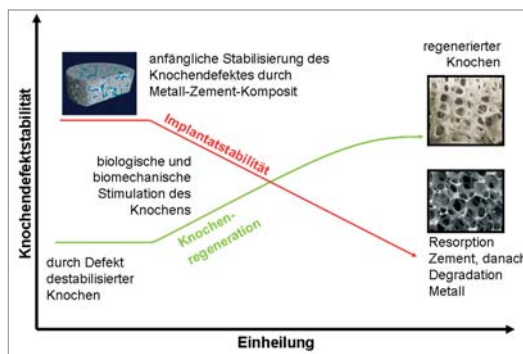


Abb. 3: Idealvorstellung eines vollständig degradierbaren Metall-Knochenzement-Komposits als Implantatmaterial.

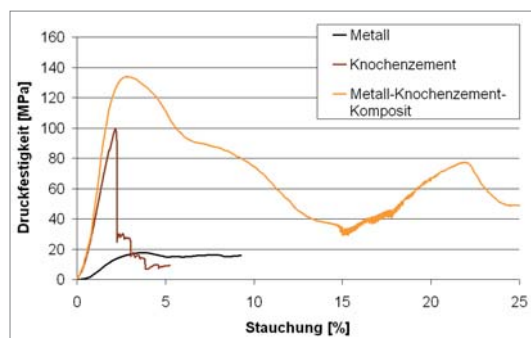


Abb. 2: Spannungs-Stauchungs-Diagramm eines Metall-Knochenzement-Komposits und dessen Bestandteile.

Knochenzemente bioaktiv sind, erfolgt die knöcherne Integration der Verbundmaterialien in gleicher Weise, wie sie bei den verwendeten Knochenzementen selbst zu beobachten ist. Durch den sukzessiven Austausch der resorbierbaren Zementmatrix mit neu

In in-vitro Untersuchungen zur Bioverträglichkeit mit humanen Stammzellen (hMSCs) konnte gezeigt werden, dass das Metall-Zement-Komposit ähnlich gute Ergebnisse wie der mineralische Knochenzement alleine erzielt. Ein weiterer wesentlicher Schritt in die Richtung eines vollständig resorbierbaren Implantats wurde dadurch erreicht, dass Metallschäume aus Eisen durch eine bioaktive Brushit-Beschichtung zunächst vollständig vor Korrosion geschützt werden können. Erst der aktive Abbau dieser Schicht durch Knochenzellen wird dazu führen, dass auch das noch vorhandene Metallgerüst langsam abgebaut werden kann. So kann das Implantat am Ende tatsächlich völlig abgebaut und durch körpereigenen Knochen ersetzt sein. ■





**Kontakt:**  
**GWT-TUD GmbH**  
 Geschäftsstelle Chemnitz  
 Zentrum für nanoskalige  
 Materialberechnungen  
 Prof. Dr. rer. nat. Christian Radehaus  
 Tel.: +49-371-5347-552  
 Fax: +49-371-5347554  
 E-Mail: christian.radehaus@GWTONline-fb.de  
 Dr. Philipp Plänitz  
 Tel.: +49-371-5347-590  
 Fax: +49-371-5347-554  
 E-Mail: philipp.plänitz@GWTONline-fb.de

Wer kennt es nicht aus seiner Schulzeit, in der man die Tage unter anderem mit chemischen Reaktionen, physikalischen Effekten und der Lehre organischer und anorganischer Stoffe zubringt. Gemeint ist das Periodensystem, welches die naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer stets begleitet. Doch wer mutmaßt schon, dass mit Hilfe dieser Darstellungsform von Elementen mit ihrer Kernladungszahl die strukturellen, elektronischen sowie chemischen und physikalischen Eigenschaften von Werkstoffen berechnet werden können?



Mit MATcalc in die Zukunft

## Periodensystem gibt Aufschluss über Werkstoffeigenschaften



Prof. Dr. rer. nat.  
Christian Radehaus



Dr. Philipp Plänitz,  
Innovationsmanager  
GWT

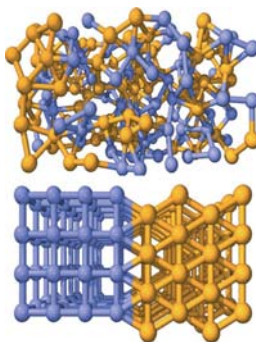
Möglich ist dies durch moderne Rechner-simulationen, welche die Wechselwirkungen zwischen Atomen und Molekülen darstellen. Eben mit dieser einzigartigen Methode zur Erkenntnisgewinnung von Eigenschaften verschiedener Materialien beschäftigt sich das Team vom Projekt MATcalc unter der Federführung von Prof. Christian Radehaus sowie unter Leitung der Gesellschaft für Wissens- und Technologietransfer der TU Dresden (GWT-TUD GmbH) mit Sitz im Technologie Centrum Chemnitz. Rechnergestützte Simulationen haben dabei bereits seit Jahren einen festen Platz in fast allen Bereichen der Industrie bei der gezielten Forschung und Entwicklung von neuen und modernen Werkstoffen.

Ausgangspunkt für die Berechnung ist dabei die physikalische Theorie der Quantenmechanik, welche Vorgänge im atomaren und subatomaren Bereich basierend auf Größen- und Längenordnungen im Nanoskalenbereich beschreibt. Ein „Albert-Einstein“-System von chemischen, physikalischen und strukturellen Eigenschaften, welche für den Normalverbraucher kaum mehr vorstellbar sind.

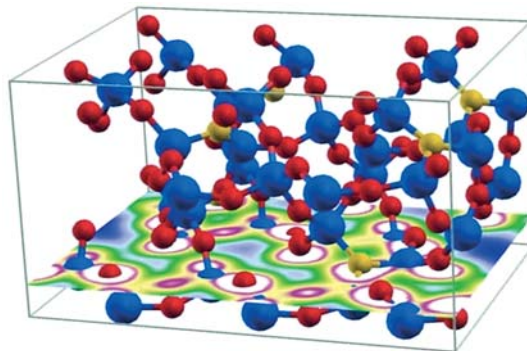
Doch genau auf Grundlage dessen berechnen die Mitarbeitern von der GWT-TUD GmbH im Rahmen von MATcalc an einem eigens dafür angefertigten Hochleistungscomputer-Cluster unter Beachtung der zugrunde liegenden physikalischen Effekte eine

Vielzahl von Merkmalen, welche den steigenden Anforderungen an moderne Werkstoffe gerecht werden.

Damit können nicht nur detaillierte Aussagen über die Struktur eines neuen Werkstoffes getroffen werden sondern es lassen sich ebenso seine Wechselwirkungen mit anderen Stoffen voraussagen.



Simulation des Prozesses der Kristallisation eines binären Systems aus der Schmelze (Fotos: Dr. P. Plänitz.)



Elektronendichte entlang eines Schnittes durch Siliciumoxinitride

Waren bislang jedoch die Berechnungen nur auf der Grundlage experimentell gewonnener Parameter möglich, lassen sich die Eigenschaften jetzt ohne aufwendige und kostenintensive Versuchsanordnungen im Vorfeld der Simulation nur anhand der abgebildeten Informationen im Periodensystem bestimmen. Die Vorteile dieser neuen Vorgehensweise, auch „ab initio“ oder „von Anfang an“ genannt, liegen klar auf der Hand. Nicht nur der Energiebedarf und der Ressourceneinsatz können reduziert werden, sondern ebenso sind sinkende Entwicklungskosten und -zeiten für die Unternehmen die Folge.

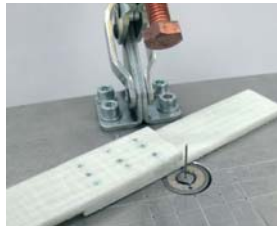


Hochleistungs Computer Cluster zur Berechnung von Materialeigenschaften

Darüber hinaus ist es möglich die Eigenschaften dieses neuen Stoffes darzustellen. Möchte also ein Kunde, dass ein Gemisch aus verschiedenen Stoffen eine bestimmte Eigenschaft besitzt, kann rechnerisch ermittelt werden, bei welchem Verhältnis der Stoffe die gewünschte Eigenschaft erreicht wird. ■

Mehr Informationen erhalten Sie unter: [www.matcalc.de](http://www.matcalc.de)

Am Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK) der TU Dresden haben Ingenieure im Rahmen des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Sonderforschungsbereiches SFB 639 ein Verfahren entwickelt, bei dem thermoplastische Faserverbundbauteile mit Metallstiften ohne Vorbohren verbunden werden. Die Technologie bietet kürzeste Taktzeiten, geringe Fertigungskosten und eine höhere Gestaltungsfreiheit bei der Bauteilentwicklung. Die „Sächsische PatentverwertungsAgentur“ (SPVA) hat das neuartige Verfahren bis zur Patentierung begleitet. Unter der Leitung von Innovationsmanager Jens Voigt sorgt sie nun dafür, dass das Verfahren weiterentwickelt wird und schon bald in der Produktion zum Einsatz kommt.



**Kontakt:**  
Technische Universität Dresden  
Institut für Leichtbau und  
Kunststofftechnik  
Holbeinstr. 3  
01307 Dresden  
Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E.h.  
Werner Hufenbach  
Tel.: +49-351-463-37915  
Fax: +49-351-463-38143  
E-Mail: ilk@ilk.mw.tu-dresden.de  
<http://www.tu-dresden.de/mw/ilk>

**SPVA** Sächsische Patent  
Verwertungs Agentur

Sächsische PatentVerwertungsAgentur  
GWT-TUD GmbH  
Innovationsmanager Jens Voigt  
Tel.: +49 351 87 34 1725  
Fax: +49 351 87 34 1722  
E-Mail: jens.voigt@GWTONline.de  
<http://www.gwtonline.de>

## Innovatives Fügeverfahren „Heißnageln“ – Fügen ohne Vorbohren

Für die Verbindung von Faserverbundbauteilen steht eine Vielzahl von Verfahren zur Verfügung. Zur Übertragung hoher Lasten werden häufig höherfeste Verbindungselemente benutzt, wie etwa Niete und Schrauben, aber auch Bolzen und Stifte. Herkömmliche Fügeverfahren, in denen diese Verbindungselemente eingesetzt werden, erfordern oft das mechanische Einbringen eines Loches in die zu verbindenden Faserverbundbauteile, was einen zusätzlichen Arbeitsschritt vor dem eigentlichen Fügeprozess bedeutet und die Verstärkungsstruktur schädigt.

Im Rahmen des SFB 639 „Textilverstärkte Verbundkomponenten für funktionsintegrierende Mischbauweisen bei komplexen Leichtbauanwendungen“ beschäftigt sich das Teilprojekt B3 unter Leitung von Institutsdirektor Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E.h. Werner A. Hufenbach (ILK) und Prof. Dr.-Ing. habil. Edith Mäder (IPF) mit der Entwicklung werkstoffangepasster formschlüssiger und kombinierter Verbindungen. Hier entstand die Idee für eine neuartige Füge-technologie.

„Im Jargon nennen wir es ‚Heißnageln‘.“, sagt Dipl.-Ing. Robert Kupfer. „Ein Stahlstift wird induktiv aufgeheizt und mit einem pneumatisch angetriebenen Vorschubmechanismus in die zu fügenden textilverstärkten Thermoplastkomponenten eingepresst. Die Thermoplastmatrix schmilzt an der Stiftspitze auf und die Fasern werden beim Eindringen des Stiftes zur Seite verschoben.“, erklärt er. Der Vorteil: im Gegensatz zum Bohren, wo die Last tragende

Faserstruktur im Lochbereich zerschnitten wird und damit eine Schwachstelle im Bauteil entsteht, werden die Fasern hier nicht durchtrennt. Mit dieser Füge-technologie verbessert sich das lokale Tragverhalten gegenüber herkömmlichen Bolzen- und Stiftverbindungen deutlich. Eine Vorbereitung der Füge-zonen ist nicht notwendig. Ein weiterer Vorteil ist die einseitige Zugänglichkeit, denn andere Verfahren erfordern meist eine zweiseitige Zugänglichkeit der Verbindungsstelle bzw. speziell vorbereitete Füge-zonen oder Verbindungselemente. Durch das neue Verfahren werden sowohl die Gestaltungsfreiheit des Konstrukteurs erweitert als auch Verbindungen komplexerer Bauteile möglich.

Die SPVA, die Wissenschaftlern professionelle Unterstützung von der Idee bis zur wirtschaftlichen Verwertung eines Patents bietet, hat den innovativen Charakter der neuen Füge-technik erkannt und sie bis zur Patentierung begleitet. In Abstimmung mit den Forschern des ILK setzt sich Jens Voigt, Innovationsmanager der SPVA, nun für die Verwertung des Verfahrens ein. „Die nächsten Schritte sind die Erstellung einer Marktanalyse und die anschließende Suche nach Partnern zur Weiterentwicklung der Technologie“, so Voigt.

Doch das Verfahren muss keine reine Füge-technologie bleiben: Gedacht sei beispielsweise an eine Wärmeleitung durch die Verbindungsstifte zur gezielten Temperierung von Maschinenbauteilen. Die Verbindungsstifte könnten auch der elektrischen Stromversorgung oder dem Transfer von Daten vom einen in das andere Bauteil dienen. Zunächst haben ILK und SPVA die industrielle Anwendung des Verfahrens zum Ziel, um so automatisierte Fertigungsprozesse weiter zu vereinfachen.

Die beteiligten Wissenschaftler danken der DFG für die Förderung des Projekts.

**signo**

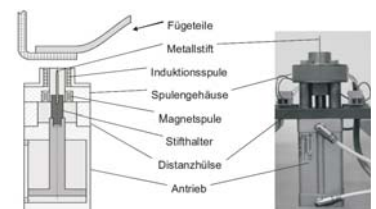
Schutz von Ideen für die  
gewerbliche Nutzung



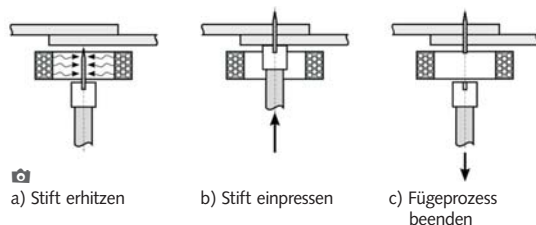
Prof. Dr.-Ing. habil.  
Prof. E.h. Werner  
Hufenbach  
(Foto: Ralf U. Heinrich)



Jens Voigt, Innovations-  
manager GWT  
(Foto: GWT)



Am ILK wurde eine Laborfügeanlage entwickelt, um das neue Fügeverfahren unter Praxisbedingungen zu testen. (Fotos: ILK)



### Die Vorteile auf einen Blick:

- keine Vorbereitung der Füge-stelle notwendig
- kürzeste Zykluszeiten
- einseitige Zugänglichkeit ausreichend
- hohe Flexibilität bezüglich der Bauteil-geometrie
- einfache, preiswerte Fügeelemente

**Kontakt:**  
 TU Dresden  
 Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik  
 Holbeinstr. 3  
 01307 Dresden  
 Direktor: Prof. Dr.-Ing. habil. Prof.  
 E. h. Werner Hufenbach  
 Tel.: +49-351-463 38142  
 Fax: +49-351-463 38143  
 E-Mail: ilk@ilk.mw.tu-dresden.de  
 www.tu-dresden.de/mw/ilk

Am Leichtbau-Campus Dresden wird die gesamte Wertschöpfungskette vom Werkstoff über Konstruktion und Simulation bis hin zur Fertigung und Prototypentests unter Einsatz hochmoderner Forschungsanlagen im Leichtbau-Innovationszentrum (LIZ), im Kunststoff-Anwendungszentrum (KAZ) und im kürzlich erweiterten Prozess-Entwicklungszentrum (PEZ) abgebildet.

Nach der Eröffnung 2006 wurde das PEZ inzwischen auf die Endgröße erweitert. Seit Anfang 2010 bietet das Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik (ILK) der TU Dresden im PEZ eine umfassende produktionstechnische Ausstattung, inklusive Multifunktions-Schnellhubpresse, LFI-Anlage und Mehrkomponenten-Spritzgießanlage.



Pressen, Schäumen, Spritzgießen

## Das Prozess-Entwicklungszentrum (PEZ) am Leichtbau-Campus Dresden



Multifunktions-Schnellhubpresse

(Foto: ILK)

Vor 15 Jahren entwickelt, wird das Dresdner Modell „Funktionsintegrativer Systemleichtbau in Multi-Material Design“ mit seinem branchen- und werkstoffübergreifenden Ansatz inzwischen national wie international als Benchmark herangezogen. Ökonomische und ökologische Aspekte bilden so bei der Ressourcen schonenden Entwicklung von Leichtbauprodukten und -systemen eine Symbiose. Hierbei kommt der Material- und Energieeffizienz höchste Priorität zu. In diesem Sinne führt das ca. 200 Mitarbeiter umfassende Team um Institutsdirektor Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E.h. Werner Hufenbach produkt- und branchenübergreifende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf dem Gebiet beanspruchungsgerechter Leichtbaustrukturen durch und bietet „Leichtbaulösungen aus einer Hand“.

Diese Leitidee spiegelt sich auch am Leichtbau-Campus Dresden wieder, etwa im gerade erweiterten Prozess-Entwicklungszentrum (PEZ). Im neu entstandenen Laborbereich wurde eine Zwei-Komponenten-Spritzgießanlage mit Wendeplatte und vier Spritzgießgarituren der Krauss-Maffei Technologies GmbH installiert. Gleichzeitig wurde die bereits bestehende LFI-(Long Fibre Injection-)Anlage mit einem Werkzeugshuttle und die Multifunktions-Schnellhubpresse mit einer Einrichtung zum automatisierten Handling und Drapieren textiler Halbzeuge aufgerüstet. Jetzt können deutlich größere und komplexere Bauteile aus unterschiedlichen Werkstoffen bei seriennahen Randbedingungen realisiert werden.

### Pressen

Dass am ILK serienfähige Prozesse entwickelt und in ihrer Gesamtheit am Leichtbau-Campus abgebildet werden können, zeigt die Entwicklung einer Leichtbau-Thermoplast Sitzschale in Kooperation mit der Volkswagen Konzernforschung. An Stelle von Metall wurde textilverstärkter Thermoplast für den Prototyp verwendet. Die Sitzschale, 2009 mit dem AVK-Inno-

ventionspreis ausgezeichnet, ist im Vergleich zur Stahlausführung nicht nur um 50 % leichter, sondern lässt sich bei vergleichbaren Kosten mit dem entwickelten neuartigen Fertigungsprozess auch deutlich schneller fertigen.

Die Kerneinheit des zugehörigen Fertigungskomplexes im PEZ bildet eine Multifunktions-Schnellhubpresse (Schließkraft 3000 t) der Firma Dieffenbacher, die mit einem Pressentisch von 3,2 x 2,4 m<sup>2</sup> und einer speziellen Temperiereinheit auch die Fertigung großflächiger Bauteile ermöglicht. Ziel ist, extrem leichte und komplex geformte Bauteilstrukturen mit beanspruchungsgerechter Faserverstärkung und hoher Funktionsintegration unter großseriennahen Prozessbedingungen herzustellen. Dabei kommen verschiedene Faserverstärkungen wie Kohlenstoff-, Glas-, Aramid- und Naturfasern in Kombination mit thermoplastischen und duromeren Matrixsystemen zum Einsatz. Entsprechend den mechanischen Anforderungen wird auf eine Vielzahl von unterschiedlichsten Halbzeugen zurückgegriffen, wie etwa Stäbchengranulate für langfaserverstärktes Thermoplast (LFT), duroplastische SMC-Werkstoffe oder textile Preforms für hochbelastbare Struktur- und Exterieurbauteile aus Duro- und Thermoplasten. Zur Reduzierung der Taktzeiten stehen für die Verarbeitung von vorkonsolidierten thermoplastischen Halbzeugen ein Infrarotstrahlerfeld, in dem die Halbzeuge in wenigen Sekunden auf ihre Verarbeitungstemperatur vorgewärmt werden, und für die Verarbeitung von LFT-Werkstoffen eine Plastifiziereinheit mit Extruder bereit.

Zur Herstellung der bereits genannten Leichtbau-Sitzschale wurden diese Anlagen gekoppelt und eigens angepasste Handlingsysteme in Kombination mit einem klassischen Industrieroboter eingesetzt. Um ein vorzeitiges Erstarren der Thermoplastmatrix zu vermeiden, musste die Presse hierbei mit ihrer maxima-





Zwei-Komponenten-Spritzgießanlage

len Senkgeschwindigkeit von 800 mm/s geschlossen werden. Mit diesem Verfahren können crashbelastete thermoplastische Strukturbauteile mit einer hohen Reproduzierbarkeit und großer Konturgenauigkeit sehr kostengünstig gefertigt werden.

#### Polyurethan-Schäumen

Das LFI-Verfahren ermöglicht es, in einem einstufigen Prozess ohne zusätzliche Handlingschritte großflächige, hochkomplexe und hoch beanspruchbare Bauteile herzustellen. Hierbei wird Polyurethan (PUR) in Verbindung mit einer Langfaserverstärkung verarbeitet. Fasergehalt und Faserlänge (max. 200 mm) werden während des Austrages variabel angepasst. Einzelne Bauteilbereiche können so individuell beanspruchungsgerecht ausgeführt werden. Anwendungen für diese noch junge Fertigungstechnologie finden sich unter anderem im Automobilbereich: Außenanbauteile mit hochglänzenden Oberflächen, wie etwa Dachmodule, Kotflügel oder Motorhauben, aber auch Funktionselemente im Innenraum und Strukturbauteile eignen sich für die LFI-Technologie.

Die LFI-Anlage (Schließkraft von 300 t) am ILK ist für hohe Austragsleistungen konzipiert und bietet dank eines verschleißfesten Tandem-Hochdruckdosierzylinders die Möglichkeit, verschiedene Füllstoffe zu verarbeiten. Mit der Erweiterung der Anlage um einen Shuttle-Formenträger ist nun der Einsatz deutlich größerer Werkzeuge und damit die Fertigung komplexerer Bauteile mit Abmessungen bis zu 1,8 x 2,4 m<sup>2</sup> möglich. Aktuelle Forschungsvorhaben am ILK beschäftigen sich vorrangig mit der Untersuchung und Weiterentwicklung des gezielt gerichteten Fasereintrages während des Herstellungsprozesses. Im Sinne der Funktionsintegration bietet das Verfahren darüber hinaus ein hohes Potential zur Integration von elektronischen Komponenten in die Verbundstruktur.

#### Mehrkomponenten-Spritzgießen

Das Spritzgießverfahren zeichnet sich durch kurze Zykluszeiten und hohe Bauteilpräzision aus. Auf Grund der niedrigen Herstellungskosten wird die überwiegende Mehrheit aller thermoplastischen Kunststoffprodukte heute im Spritzgießprozess hergestellt. Das ILK verfügt nun über eine im universitären Umfeld außergewöhnliche Zwei-Komponenten-Spritzgießanlage mit Wendeplatte und vier Spritzgießgarnituren der Firma Krauss-Maffei Technologies GmbH. Sie dient der Erforschung von Mehrkomponenten-Werkstoffen. Hierbei stehen neuartige Kombinationen von metallischen, keramischen und polymeren Werkstoffen im Mittelpunkt. Durch den Einsatz speziell gepanzerter Schneckengarnituren sollen zukünftig sowohl Keramik- (CIM) als auch Metallpulver (MIM) verarbeitet werden. Die hohe Schließkraft der Anlage (2300 t) erlaubt eine Minimierung der Porengröße und somit die Herstellung qualitativ hochwertiger Leichtbaustrukturen.

Die industriegerechte Ausrüstung im Prozess-Entwicklungszentrum gestattet dem ILK die Entwicklung neuartiger Prozesse zur taktzeitgerechten Herstellung komplexer Großstrukturen aus Compositen sowie Metall/Composite-Verbunden bzw. Keramik/Composite-Verbunden. Damit können die Wissenschaftler am ILK in Zukunft die Herstellung von innovativen Leichtbaustrukturen für Hightech-Anwendungen noch effizienter gestalten und ihre Vorreiterrolle beim Aufbau neuartiger ressourceneffizienter Prozessketten weiter stärken.



LFI-Anlage mit Werkzeugshuttle



Der Leichtbau-Campus Dresden mit Leichtbau-Innovationszentrum (LIZ), Kunststoff-Anwendungszentrum (KAZ) und Prozess-Entwicklungszentrum (PEZ)

(Fotos: ILK)

**Kontakt:**  
 Technische Universität Dresden  
 Fakultät Maschinenwesen  
 Institut für Holz- und Papiertechnik  
 Prof. Dr.-Ing. André Wagenführ  
 Dipl.-Wi.-Ing. Max Britzke  
 01062 Dresden  
 Tel.: +49-351-463-38100  
 Fax.: +49-351-463-38288  
 E-Mail: andre.wagenfuhr@tu-dresden.de

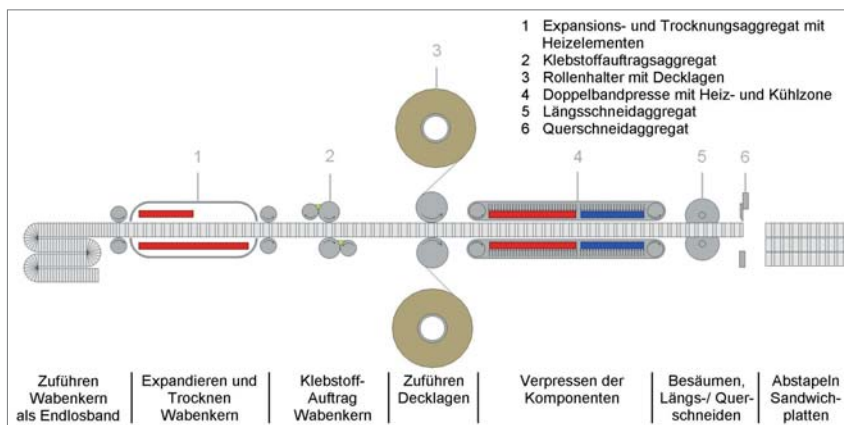


Abb. 4: Verfahrensablauf der kontinuierlichen Herstellung von Sandwich- Leichtbauplatten mit Papierwabenkern.

## > Verfahrens- und Technologieentwicklung für Innenausbau und Möbelindustrie Sandwich-Leichtbauplatten in kontinuierlicher Herstellung



Abb.1: Prinzip der Herstellung expandierter Papierwaben.



Abb.2: Kontinuierlich herstellbare Sandwich-Leichtbauplatte mit Papierwabenkern und 1 mm dicken Deckschichten aus MDF.

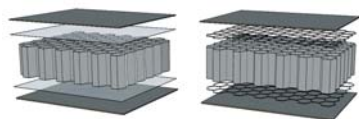


Abb.3: Klebstoffauftragsvarianten: vollflächiger Auftrag auf die Innenseiten der Decklagen (links) bzw. netzförmiger Auftrag auf den Wabenkern.

(Abbildungen: M. Britzke, TUD)

Sandwichplatten mit Holzwerkstoffdecklagen und Papierwabenkern werden bereits seit Jahrzehnten für verschiedene Anwendungen im Möbel- und Innenausbau eingesetzt. Sie wurden ursprünglich ausschließlich in Rahmenbauweise hergestellt. Dabei sind die Randbereiche und Stellen für Befestigungspunkte u. ä. massiv ausgeführt. Die Entwicklung neuer Werkstoffe und Fertigungstechnologien ermöglichte die Herstellung von Platten ohne Riegeleinlage (rahmenlose Bauweise). Damit konnten und können weitere bedeutende Anwendungsbereiche erschlossen werden. Bei der Konzipierung und Umsetzung der Fertigungsanlagen müssen neben den geforderten Platteneigenschaften auch die Verarbeitungsparameter der eingesetzten Werkstoffe und die Fertigungstechnologie berücksichtigt werden. Materialeitige Einflussgrößen auf die Fertigung haben das Decklagenmaterial, dessen Dicke und Bereitstellung (Faser-, Bahn- oder Plattenform), der Wabenkern (insbesondere dessen Druckfestigkeit) sowie der verwendete Klebstoff (Verklebungsqualität, Aushärtungsparameter). Der überwiegende Teil heute hergestellter Platten besteht aus einem expandierten Papierwabenkern und Decklagen mit einer Mindestdicke von 3 bis 8 mm. Diese Platten werden diskontinuierlich hergestellt. Die Dicke der Decklagen kann für eine Reihe von Anwendungen deutlich reduziert werden (Dickenbereich  $d=1\text{mm}$ ), beispielsweise für die Herstellung von Einlegeböden, Schranktüren oder Innenverkleidungselementen (vgl. Abb. 2). Die reduzierte Decklagendicke ermöglicht die Verwendung von Rollenware. Decklagen- Werkstoffe wie Dünn-MDF (Mitteldichte Faserplatte) oder CPL (Continuous Produced Laminate) werden als Rollenware angeboten und lassen sich problemlos in einem kontinuierlichen Herstellungsprozess verarbeiten. Der aus Altpapier bestehende, kostengünstige Wabenkern wird kontinuierlich hergestellt und kann als expandierbares „Endlosband“ bereitgestellt werden (vgl. Abb. 1). Das neuartige Verfahren zur

kontinuierlichen Herstellung von Sandwich- Leichtbauplatten (vgl. Abb.4) erfolgt in den Schritten:

- Zuführen des Papierwabenkerns,
- Expandieren und Trocknen des Kernes,
- Klebstoffauftrag auf den Papierwabenkern,
- Abrollen und Zuführen der Decklagen,
- Zusammenführen der Komponenten und Verpressen in der Durchlaufpresse,
- Besäumen bzw. Längsauftrennen und Abtrennen von Einzelplatten.

Das Verfahren erzeugt kontinuierlich zunächst eine in der Länge unformatierte „Endlosplatte“ einer bestimmten Maximalbreite. Diese kann nach Ausgabe aus der Durchlaufpresse auf das gewünschte Maß aufgetrennt werden. Einsparpotenziale ermöglicht das Verfahren auch im Bereich des Klebstoffauftrags. Bislang wird der Klebstoff auf die Innenseiten der Decklagen aufgebracht. Durch ein spezielles Applikationsverfahren kann der Klebstoff direkt auf den Wabenkern aufgetragen werden, wodurch Einsparungen von 50-80 % möglich sind (vgl. Abb. 3). Die Technologie kann insbesondere für die Herstellung von Möbeln und Innenausbauerelementen genutzt werden. Vorteilhaft ist die Möglichkeit des nachträglichen Einbringens von Schmalflächenbeschichtungen und Krafteinleitungspunkten mit von der TU Dresden patentierten Verfahrens- und Werkzeuglösungen. Dadurch können zunächst großformatige Platten hergestellt und diese dann individuell zu Sandwichelementen in beliebiger Größe weiterverarbeitet werden. Nach Abschluss der Entwicklungsarbeiten ist die Überführung der Herstellungstechnologie in die Praxis vorgesehen. ■

Die Suche nach neuen Rohstoffen als Alternative zum Rohstoff Holz wird z. B. in der Möbel- und Baubranche weiter zunehmen. Die Verfügbarkeit der „neuen“ Rohstoffquellen wird dabei häufig u. a. durch politisch motivierte Förderinstrumente und Mehrfachverplanung in anderen Bereichen überschätzt. Hier gilt es, ökologisch und ökonomisch sinnvolle Lösungen für die stoffliche Verwendung der knappen Ressourcen zu finden. Die Optimierung und Anpassung klassischer Herstellungsverfahren sowie die Entwicklung und Gestaltung materialeffizienter Werkstoffe werden am Institut für Holz- und Papiertechnik der TU Dresden traditionell durchgeführt. Im Fokus stehen dabei die nachhaltige Entwicklung, der Einsatz, das Recycling und die Entsorgung unterschiedlicher pflanzlicher Produktgruppen. Ein Forschungsbereich des Institutes ist die Eignung und Verwertung von Holz und Einjahrespflanzen (exempl. Seegrass) für konventionelle Werkstoffe.



**Kontakt:**  
 Technische Universität Dresden  
 Fakultät Maschinenwesen  
 Institut für Holz- und Papiertechnik  
 01062 Dresden  
 Prof. Dr.-Ing. André Wagenführ  
 Dipl.-Ing. Sören Tech  
 Tel.: +49-351-463-38100  
 Fax: +49-351-463-38288  
 E-Mail: soeren.tech@tu-dresden.de  
 www.tu-dresden.de/ihp

## Verfahrens- und Technologieentwicklung für Baustoffe Seegrass als neue Rohstoffquelle für konventionelle Werkstoffe



Abb. 1: Seegrass

Die Natur liefert uns Inspirationen und Rohstoffe zur Entwicklung von Werkstoffen und neuen Materialien, die z. B. als Baustoff oder Konstruktionsmaterial eingesetzt werden können. Dabei wird die Adaption von naturnahen Wirkprinzipien zur Gestaltung effektiver Werkstoffe immer wichtiger. Auch im Zuge der Veränderung der globalen Nahrungs- und Rohstoffsituation müssen die einzelnen Rohstoffe, je nach Einsatzzweck, im Rahmen von Effektivität und Nachhaltigkeit neu betrachtet und beurteilt werden. Dabei entdecken wir Gestaltungsprinzipien oder natürliche Eigenschaften der Rohstoffe neu und übernehmen diese. Besonderen Einfluss haben der Stand der Technik im Herstellungsprozess und die spezifischen Anwendungsfelder sowie Entwicklungstendenzen der Rohstoffmärkte. Der weltweit steigende Energiebedarf und der einsetzende Klimawandel machen die Suche nach unbekannten, neuen CO<sub>2</sub>-neutralen Rohstoffen notwendig. Die Bedeutung des Technologie- und Wissenstransfers nimmt dadurch deutlich zu.

Vor allem Baumaterial wird zunehmend aus traditionsreichen Pflanzen bzw. Pflanzenfasern neu definiert. Durch die Verwendung der nachwachsenden Rohstoffe im Baubereich können leistungsstarke Werkstoffe mit geringem Primärenergieaufwand bereitgestellt werden. Neben Holz, Flachs, Hanf,

Miscanthus u.a. kommt auch Seegrass (vgl. Abb. 1) zum Einsatz. Seegrass besitzt hervorragende Eigenschaften, um z. B. als Dämmstoff (vgl. Abb. 2) in der Bauindustrie oder auch in anderen Bereichen mit angepassten Verwendungszwecken eingesetzt zu werden. Ein Vorteil von Seegrass ist, dass es schwer entflammbar ist. Zum Erreichen der Baustoffklasse B2 müssen dem Werkstoff keine zusätzlichen brandhemmenden Mittel zugesetzt werden. Außerdem binden Seegrassprodukte CO<sub>2</sub> und können in mehreren Lebenszyklen für eine werkstoffliche Nutzung verwendet werden.

Für folgende Produkte und Werkstoffe konnte die Eignung von Seegrass als Rohstoff nachgewiesen und realisiert werden:

- plattenförmige Dämmmaterialien
- flexible Dämmmaterialien geringer Dichte (vgl. Abb. 3)
- Einblasdämmung für Zwischenwände und Verpackungsmaterialien
- mitteldichte Faserplatten und -formteile für den Möbel- und Innenausbau
- leichte plattenförmige Sandwichmaterialien für den Innenausbau
- Seegrass-Zement-Bauplatten
- Compoundierung zur Weiterverarbeitung im Spritzgussverfahren
- Semitransparenter Verbundwerkstoff aus Seegrass und Kunststoff (vgl. Abb. 4)

Der Einsatz kann im Dach-, Wand-, Bodenbereich sowie in Innenwänden erfolgen. Es können auch separat Formteile für isolierende Anwendungen aus Seegrass hergestellt werden.

Durch die Art des Bindemittels und die Kombination von Seegrass mit anderen Faserkomponenten (z. B. Kiefernfaserstoff, Flachs oder Hanfschäben) können die Werkstoffeigenschaften je nach Anwendungsgebiet beeinflusst werden.



Abb. 2: Seegrass-Dämmstoff-Platte



Abb. 3: flexible Seegrass-Flachs-Matte



Abb. 4: Verbundwerkstoff  
 (Fotos: S. Tech, TU Dresden)



A large, leafy indoor plant, possibly a Ficus, stands in a modern office lobby. The plant is situated in a large, dark-colored planter box. The lobby features a high ceiling with a large skylight, and the walls are light-colored. In the background, a hallway leads away from the lobby, and a wooden door is visible on the right. The overall atmosphere is bright and professional.

**Standort für Ihr Unternehmen**

**TechnologieZentrumDresden GmbH**

**Standort Nord**

**Manfred-von-Ardenne-Ring 20**

**01099 Dresden**

**Frau Gundi Hoelzer-Czech unterbreitet  
Ihnen ein passgenaues Angebot**

**Telefon: 0351 8718665**

**E-Mail: [kontakt@tzdresden.de](mailto:kontakt@tzdresden.de)**